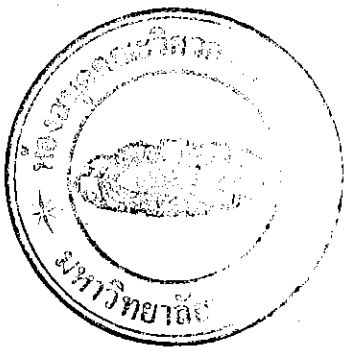


# การปรับปรุงเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย

## Improvement of Agrochemical Sand Coating Machine


นายจตุพงษ์ พรมเสน

นางสาวกิตติดารา มาลัยกูล

นางสาวรัตนา ดอกแก้ว



ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ...../...../.....
เลขทะเบียน 5200064
เลขเรียกหนังสือ.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร

I 5097806
ฝก.
จ/375ก
2550


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2550

คณะวิศวกรรมศาสตร์

**ใบรับรองโครงงานวิจัย**

**หัวข้อโครงงาน** : การปรับปรุงเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย

**ผู้ดำเนินโครงงาน** : นายจตุพงษ์ พรมเสน รหัสนิสิต 47380119

นางสาวกิตติดารา มาลัยกูล รหัสนิสิต 47380383

นางสาวรัตนา ดอกแก้ว รหัสนิสิต 47380391

**อาจารย์ที่ปรึกษา** : อาจารย์รัตนา การุญบุญญานันท์

**ภาควิชา** : วิศวกรรมเครื่องกล

**ปีการศึกษา** : 2550

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

**คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล**

.....ประธานกรรมการ

(อ.รัตนา การุญบุญญานันท์)

.....กรรมการ

**( ผศ.ดร. มัทนี สงวนเสริมศรี )**

.....กรรมการ

**( อ.นพรัตน์ สีหะวงษ์)**

.....กรรมการ

**( อ.ปัญญวัณ ลำเพาพงศ์ )**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| หัวข้อโครงงาน | : การปรับปรุงเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย | | | |
| ผู้ดำเนินโครงงาน | : นายจตุพงษ์ | พรมเสน | รหัสนิสิต | 47380119 |
| | นางสาวกิตติดารา | มาลัยกูล | รหัสนิสิต | 47380383 |
| | นางสาวรัตนา | ดอกแก้ว | รหัสนิสิต | 47380391 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | : อาจารย์รัตนา การุญบุญญานันท์ | | | |
| ภาควิชา | : วิศวกรรมเครื่องกล | | | |
| ปีการศึกษา | : 2550 | | | |



## บทคัดย่อ

ศึกษา ออกแบบ และปรับปรุงเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทรายโดยใช้มอเตอร์เป็นตัวขับปั๊มลูกสูบเพื่อขับสารเคมีผ่านหัวฉีดจำนวน 5 หัว ที่ติดอยู่กับแขนบูมโดยหัวฉีดที่ใช้เป็นแบบกรวยทึบ 8 รู ติดบนแขนบูมยาว 355 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างหัวฉีด 40 เซนติเมตร หัวฉีดตัวสุดท้ายจะติดเอียงทำมุม 31 องศา กับแนวระดับ โดยแขนบูมจะติดกับล้อเลื่อน

ทดสอบเครื่องเคลือบสารเคมีบนเม็ดทราย โดยใช้ความดัน 40 บาร์ มีอัตราการไหล 14.1 ลิตรต่อวินาที พบว่าเครื่องผสมจะมีความสามารถในการผสมที่ 1.8 ตันของน้ำหนักทรายต่อชั่วโมง และคนงานไม่ได้สัมผัสกับสารเคมี ประสิทธิภาพในการฉีดพ่นเม็ดทรายพบว่ามีสารเคมีเคลือบเม็ดทรายอย่างสม่ำเสมอและเมื่อใส่สารกันชื้นจะทำให้สารกันชื้นเกาะกับเม็ดทรายได้ดีและสามารถลดการจับตัวเป็นก้อนของเม็ดทรายเมื่อเปรียบเทียบกับการฉีดด้วยสายยางโดยตรง

**Project title** : **Improvement of Agrochemical Sand Coating Machine**

**Name** : **Mr Jatupong promsen Code 47380119**

**Miss Kittidara Malaikun Code 47380383**

**Miss Rattana Dokkaew Code 47380391**

**Project Advisor** : **Mrs. Rattana Karoonboonyanan**

**Major** : **Mechanical Engineering**

**Department** : **Mechanical Engineering**

**Academic Year** : **2007**

## Abstract

Study design and improve agrochemical sand coating machine substance on sand by use the motor to be pumper, pump the chemical substance pass through about 5, that stick with the 'hand boom' by spray that we use was like a corn shape and dense about 8 pieces, has a distance to spray about 72 centimeter, stick over the 'hand boom' long 355 centimeter, distance between head for spray 40 centimeter by 'hand boom' will stick with the wheel, the last head of spray will stick make a corner 31 ° with the rank.

The experiment designed 'hand boom' by use the pressure 40 bar to spray over the sand found that has chemical substance cover the sand consistently and when put the moisture-proof substance will make the moisture-proof substance stick with the sand very well, including can reduce the clunk of sand when spray by rubber tube directly these glaze has more effective.

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมเครื่องกลนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้ดำเนินโครงงานขอขอบพระคุณบุคคลที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง ช่วยเหลือ และอนุเคราะห์ในการดำเนินการโครงงานด้วยดีจนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างสูง

- พ่อ และแม่ ที่คอยให้กำลังใจ เลี้ยงดูจนเติบใหญ่ และสนับสนุนจนสำเร็จการศึกษา
- อาจารย์รัตนา การุญบุญญานันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่คอยให้คำปรึกษา ดูแล และช่วยเหลือ ตลอดมา
- อาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ครูช่างภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่คอยแนะนำและอนุเคราะห์ในการดำเนินโครงงาน
- คุณ ธนรักษ์ พงศ์วุฒิเศรษฐ์ กรรมการผู้จัดการบริษัท เอส.ซี ฟอร์มูเลเตอร์ จำกัด และพนักงานทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านข้อมูลและการปฏิบัติงานในด้านต่างๆรวมทั้งทุนในการวิจัย
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ได้ให้การสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงงาน
- ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ที่ให้ยืมอุปกรณ์ในการทดลองหาค่าความหนืด
- เพื่อนๆ ทุกคนสำหรับมิตรภาพและกำลังใจที่ดีตลอดมา

ณ โอกาสนี้จึงขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยและสิ่งศักดิ์สิทธ์จงช่วยเหลือคุ้มครองปกปักรักษาบุคคลเหล่านี้ด้วยเทอญ

จตุพงษ์ พรมเสน
กิตติดารา มาลัยกูล
รัตนา ดอกแก้ว

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| ใบรับรองโครงงานวิจัย | ก |
| บทคัดย่อ | ข |
| Abstract | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญรูปภาพ | ซ |
| ลำดับสัญลักษณ์ | ญ |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงงาน | 2 |
| 1.4 กิจกรรมการดำเนินงาน | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี | |
| 2.1 ความหมายของเครื่องพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช | 3 |
| 2.2 ส่วนประกอบของเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย | 4 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน | |
| 3.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตสารกำจัดศัตรูพืชจากบริษัท | 17 |
| 3.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของทรายและสารกำจัดศัตรูพืช | 21 |
| 3.3 ศึกษาหาสารตัวอย่างที่ไม่เป็นอันตราย | 23 |
| 3.4 ศึกษาหาระยะการกระจายตัวหัวฉีด | 25 |
| 3.5 ออกแบบเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย | 26 |
| 3.6 การดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ | 35 |
| 3.7 การทดสอบสมรรถนะในการทำงานของเครื่องต้นแบบ | 36 |

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์

4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของทราย 40

4.2 ศึกษาหาสารตัวอย่างที่ไม่เป็นอันตราย 40

4.3 การศึกษาหาระยะการกระจายตัวของหัวฉีด 41

4.4 การทดสอบสมรรถนะในการทำงานของเครื่องต้นแบบ 42

บทที่ 5 บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดสอบ 47

5.2 ข้อเสนอแนะ 47

เอกสารอ้างอิง 48

ภาคผนวก 49

ภาคผนวก ก. ตารางแสดงคุณสมบัติของวัสดุ 50

ภาคผนวก ข. ผลการทดลอง 54

ภาคผนวก ค. Drawing 57

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 65

# สารบัญตาราง


หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะการใช้งานของหัวฉีด 6

ตารางที่ 3.1 ตารางคุณสมบัติการฉีดพ่นของหัวฉีดทองเหลืองแบบแรงปะทะ 29

ตารางที่ 3.2 แสดงภาพขั้นตอนการผลิตสารกำจัดศัตรูพืชชนิดเม็ด 38

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของทราย 40

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความหนืดของสาร 40

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืช 41

ตารางที่ 4.4 ผลที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะในการทำงานของเครื่องต้นแบบครั้งที่ 2 จำนวน 5 หัว 44

ตารางที่ 4.5 แสดงเวลาในช่วงการทำงานของเครื่องต้นแบบ 45

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความชื้นในช่วงการทำงานของเครื่องต้นแบบ 45

# สารบัญรูปภาพ

หน้า


รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของหัวฉีดแบบปะทะ 4

รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของหัวฉีดแบบพัด 5

รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของหัวฉีดแบบกรวย 6

รูปที่ 2.5 ปั๊มแบบลูกกลิ้ง (roller pump) 8

รูปที่ 2.6 ปั๊มแบบลูกสูบ (piston pump) 8

รูปที่ 2.7 ปั๊มแบบไดอะแฟรม (diaphragm pump) 9

รูปที่ 2.8 ปั๊มแบบฟันเฟือง (gear Pump) 9

รูปที่ 2.9 ปั๊มหอยโข่ง (centrifugal pump) 10

รูปที่ 2.10 ถังบรรจุสารเคมีผลิตจากวัสดุโพลีเอสธิลีน 10

รูปที่ 2.11 ถังบรรจุสารเคมีผลิตจากวัสดุโพลีเอสธิลีนเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรม 11

รูปที่ 2.12 คุณสมบัติของถังตัวถังผลิตจากโพลีเอททีลีน 11

รูปที่ 2.13 Conventional pans รูปแบบต่างๆ 13

รูปที่ 2.14 Rear-vented pans 14

รูปที่ 2.15 Perforated pans 15

รูปที่ 2.16 Air Suspension Coater (Fluidized Bed Coater) 15

รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะของถังเคลือบเม็ดพืช 16

รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตสารกำจัดศัตรูพืชชนิดเม็ด 17

รูปที่ 3.2 แสดงการฉีดพ่นและกวนสารเคมีด้วยพนักงาน 18

รูปที่ 3.3 แสดงมอเตอร์ที่ใช้ขับถังผสม 19

รูปที่ 3.4 แสดงภาพลักษณะของของถังผสม 19

รูปที่ 3.4 แสดงภาพลักษณะของของถังผสม (ต่อ) 20

รูปที่ 3.5 แสดงถังบรรจุสารเคมีในปัจจุบัน 20

รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะปั๊มที่ใช้ในปัจจุบัน 21

รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะทรายหลังการเททรายแล้ว 22

รูปที่ 3.8 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหาสารตัวอย่าง 24

รูปที่ 3.9 แสดงอุปกรณ์ในการหาระยะการกระจายตัวของหัวฉีด 26

รูปที่ 3.10 แสดงออกแบบแขนบูม 28

รูปที่ 3.11 แสดงส่วนประกอบของเครื่องเคลือบเม็ดทรายด้วยสารเคมี 28

รูปที่ 3.12 แสดงการทดลองระยะการฉีดพ่น 29

รูปที่ 3.13 หัวฉีด 8 รู 30

# สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.14 แสดงการวางหัวฉีด 4 หัว 32
รูปที่ 3.15 แสดงการวางหัวฉีด 5 หัว 32
รูปที่ 3.16 แสดงแขนบูมที่ประกอบเรียบร้อย 36
รูปที่ 3.17 แสดงการทดสอบเครื่องต้นแบบครั้งที่ 1 37
รูปที่ 3.18 แสดงการทดสอบเครื่องต้นแบบครั้งที่ 2 38
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นการกระจายตัว
กับตำแหน่งของอุปกรณ์โดยใช้หัวฉีด 5 รู 41
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นการกระจายตัว
กับตำแหน่งของอุปกรณ์โดยใช้หัวฉีด 8 รู 42
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นการกระจายตัว
กับตำแหน่งของอุปกรณ์โดยใช้หัวฉีด 8 รู ที่ความสูง 60 ซม. 42
รูปที่ 4.4 แสดงการลาดเอียงของทรายขณะเดินเครื่อง 43
รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะของทรายหลังเคลือบสารเคมี 46
รูปที่ 4.6 แสดงการจับตัวเป็นก้อนของทราย 46

# ลำดับสัญลักษณ์

| | | หน่วย |
|---|---|---|
| A | พื้นที่หน้าตัด | $m^2$ |
| $CU$ | สัมประสิทธิ์การกระจายตัว | % |
| $D_1$ | เส้นผ่านศูนย์กลางมู่เล่ของปั๊ม | *in* |
| $D_1$ | เส้นผ่านศูนย์กลางมู่เล่ของมอเตอร์ | *in* |
| $FS$ | ค่าความปลอดภัย | - |
| $H$ | ความสูงของการฉีดพ่นเฉลี่ย | *m* |
| $I$ | โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ | $cm^4$ |
| $L$ | ความยาว | *m* |
| $M$ | โมเมนต์ดัด | *N.m* |
| $N$ | จำนวนที่วัดหรือจำนวนกรอบไม้ | - |
| $N_1$ | ความเร็วรอบของมู่เล่ | rpm |
| $N_2$ | ความเร็วรอบของมอเตอร์ | rpm |
| $P$ | ความดัน | *bar* , $kg/cm^2$ |
| $S_1$ | โมดูลัสหน้าตัด | $cm^3$ |
| $t$ | ความหนา | *m* |
| W | ความกว้างของแนวพ่นสาร | m |
| $W_1$ | น้ำหนักของแขนบูมต่อความยาว | N/m |
| $W_2$ | น้ำหนักของหัวฉีดและสายยางต่อความยาว | N/m |
| $W_T$ | น้ำหนักต่อความยาวรวม | N/m |
| $x_i$ | ปริมาณของสารที่ตกลงบนกรอบไม้ | $ml/cm^2$ |
| $\bar{x}$ | ปริมาณเฉลี่ยของสารที่ตกลงในกรอบไม้ | $ml/cm^2$ |
| $\theta$ | มุมในการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช | degree |

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบัน บริษัท เอส.ซี. ฟอร์มูเลเตอร์ จำกัด (SC FORMULATOR CO,LTD) อำเภอตะพานหิน จังหวัดพิจิตร ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับการผลิตและจำหน่ายสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆ ทั้งชนิดน้ำ ชนิดผงและชนิดเม็ด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดเม็ด ได้รับความนิยมจากเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อใช้หว่านในนาข้าว ในขั้นตอนการผลิตสารกำจัดศัตรูพืชชนิดเม็ดดังกล่าว ทางบริษัทได้ดัดแปลงเครื่องผสมปูนใช้เป็นเครื่องผสมระหว่างสารเคมีกับเม็ดทรายโดยบรรจุทรายใส่ในถังผสมและทำการราดสารเคมีเข้าไปในถังผสมโดยให้พนักงานถือสายยางราดโดยตรง ทำให้สารเคมีกระจายไม่สม่ำเสมอ จึงต้องใช้เวลาในการกวนผสมประมาณ 20 นาที และนำไปบรรจุกระสอบ

จากกระบวนการผลิตดังกล่าวจะพบว่า ปัญหาสำคัญคือการกระจายตัวของสารเคมีที่ไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดปัญหาเรื่องความชื้นจึงจำเป็นต้องใช้สารดูดความชื้น เป็นผลให้ต้องใช้เวลาในการผสมในแต่ละถังประมาณ 40 นาที ( ทราย 1.5 ตันต่อถัง )และเสียค่าใช้จ่ายสำหรับสารดูดความชื้น ทั้งนี้ สาเหตุหลักเนื่องมาจากการใช้พนักงานถือสายยางราดสารเคมีลงบนเม็ดทรายโดยตรง ทำให้สารเคมีกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ และการสัมผัสสารเคมีโดยตรงจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของพนักงานได้ จากปัญหาดังกล่าว ทางบริษัทจึงมีนโยบายในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้พนักงานมีการสัมผัสสารเคมีให้น้อยที่สุด และลดปัญหาเรื่องของความชื้น จากปัญหาและความต้องการของบริษัทดังกล่าว คณะผู้จัดทำโครงงาน จึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย โดยออกแบบแขนฉีดพ่นสารเคมีที่สามารถยื่นเข้าไปในตัวถังผสมได้ เพื่อให้มีการกระจายของสารเคมีทั่วถึงและสม่ำเสมอ รวมทั้งลดปัญหาในการสัมผัสสารเคมีของพนักงานและค่าใช้จ่ายจากการใช้สารดูดความชื้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อปรับปรุงเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทรายให้สามารถเคลือบได้อย่างสม่ำเสมอไม่จับตัวเป็นก้อน

2. เพื่อลดการสัมผัสสารเคมีของพนักงาน

**1.3 ขอบเขตของโครงงาน**

ศึกษาและปรับปรุงเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทรายให้มีการฉีดพ่นสารเคมีเข้าสู่เครื่องผสมได้อย่างสม่ำเสมอ

**1.4 กิจกรรมการดำเนินงาน**

| กิจกรรม | เดือน - ปี | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | พ.ศ. 2549 | | พ.ศ. 2550 | | | | | | | | |
| | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. |
| 1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิตจากทางบริษัท | | | | | | | | | | | |
| 2. ศึกษาทฤษฎีและลักษณะต่างๆ ของทราย | | | | | | | | | | | |
| 3. ออกแบบและสร้างเครื่อง | | | | | | | | | | | |
| 4. ทดลองและปรับปรุงแก้ไขเครื่องต้นแบบ | | | | | | | | | | | |
| 5. ทำการทดลองและประเมินผล | | | | | | | | | | | |
| 6. สรุปข้อมูลและเขียนรายงาน | | | | | | | | | | | |

**1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. สามารถปรับปรุงเครื่องเคลือบเม็ดทรายให้สามารถเคลือบได้อย่างสม่ำเสมอไม่จับตัวกันเป็นก้อน
2. ลดปัญหาการสัมผัสสารเคมีของพนักงาน
3. ลดค่าใช้จ่ายจากการใช้สารดูดความชื้น

# บทที่ 2
# หลักการและทฤษฎี

ปัจจุบันเกษตรกรไทยนิยมใช้สารเคมีทำการเกษตรอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นสารเคมีฉีดพ่น สารเคมีที่มาในรูปของปุ๋ยเคมี สารเคมีที่ใช้หว่านหรือโรย ซึ่ง บริษัท SC ฟอมูเลเตอร์ เป็นบริษัทที่เป็นผู้ผลิตและจัดจำหน่ายตัวยาปราบศัตรูพืชซึ่งได้ประสบปัญหาทางด้านสารเคมีจากการผลิตของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ โดยเฉพาะสารเคมีที่ใช้พ่นเคลือบทรายที่ใช้หว่านในนาข้าว โดยหาทางแก้ปัญหาโดยการพัฒนาเครื่องเคลือบสารเคมีนี้ เพื่อเพิ่มคุณภาพของผลผลิต และเป็นการป้องกันอันตรายจากสารเคมีได้

## 2.1 ความหมายของเครื่องพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

เครื่องพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คือ อุปกรณ์สำคัญใช้กระจายสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชให้คลุมเป้าหมายที่ต้องการ เครื่องพ่นสารที่เกษตรกรนิยมใช้กันมากจำแนกตามแหล่งต้นกำลังที่ใช้ออกได้ 2 ประเภทดังนี้

### 2.1.1 เครื่องพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชประเภทใช้แรงคน

ส่วนมากเป็นเครื่องพ่นสารขนาดเล็กทำงานโดยใช้แรงคนเดียวในการฉีดพ่น เครื่องพ่นสารประเภทใช้แรงคนแบ่งตามระบบการทำงานออกได้ 2 ชนิด คือ

1) เครื่องพ่นสารประเภทใช้แรงคนชนิดทำงานด้วยระบบแรงดันของเหลว

2) เครื่องพ่นสารประเภทใช้แรงคนชนิดทำงานด้วยแรงอัดอากาศ

### 2.1.2. เครื่องพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชประเภทใช้ต้นกำลัง

เครื่องพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชประเภทใช้ต้นกำลัง เช่น เครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า มีทั้งเครื่องพ่นสารขนาดเล็กสามารถใช้งานโดยใช้แรงงานคนเดียวจนถึงขนาดใหญ่ทั้งลากจูงด้วยรถยนต์หรือรถแทรคเตอร์ บางชนิดใช้ต่อกำลังขับจากเครื่องยนต์ของรถแทรคเตอร์ เครื่องพ่นสารประเภทใช้ต้นกำลังแบ่งตามระบบการทำงานออกได้ 2 ชนิด คือ

1) เครื่องพ่นสารประเภทใช้ต้นกำลังชนิดทำงานด้วยระบบแรงดันของเหลว ตัวอย่างเครื่องพ่นสารชนิดนี้ได้แก่ เครื่องยนต์พ่นสารแบบใช้แรงดันของเหลวสะพายหลัง เครื่องพ่นสารแบบใช้แรงดันของเหลวแบบกระเป๋าหิ้ว เครื่องพ่นสารอัดแรงสูงชนิด 2 คนหาม เครื่องพ่นสารอัดแรงสูงชนิดลากจูง

2) เครื่องพ่นสารประเภทใช้ต้นกำลังชนิดทำงานด้วยแรงลม ตัวอย่างเครื่องพ่นสารชนิดนี้ได้แก่ เครื่องยนต์พ่นสารในรูป ของเหลว ผง และเม็ดสะพายหลัง

**2.2 ส่วนประกอบของเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย**

**2.2.1 หัวฉีด**

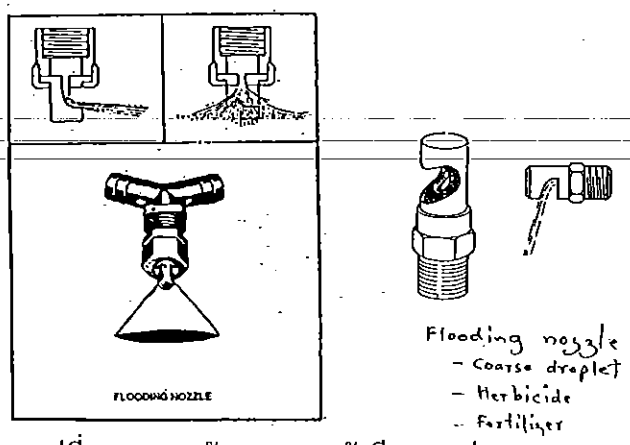
เครื่องพ่นสารทุกประเภท จะทำงานพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชไม่ได้เลย ถ้าขาดอุปกรณ์สำคัญไปอีกอย่างหนึ่ง นั้นคือ หัวฉีด ส่วนประกอบสำคัญที่เหมือนกันของเครื่องพ่นสารจะมี 3 ส่วน คือ หัวฉีด ส่วนให้เกิดกำลังงาน และภาชนะบรรจุสาร

หัวฉีด คือ อุปกรณ์ที่ฉีดพ่นของเหลวให้เป็นฝอย ของเหลวจะแตกตัวเป็นละอองเล็ก ๆ และฟุ้งกระจายเป็นละอองได้ต้องใช้พลังงาน ดังนั้น หัวฉีดจึงถูกแบ่งออกตามประเภทของพลังงานที่ก่อให้เกิดละออง หัวฉีดโดยทั่ว ๆ ไปจะทำหน้าที่ให้สารแตกกระจายเป็นละอองสาร, ควบคุมการกระจายของละอองสาร และควบคุมอัตราการไหลของสาร

1) ชนิดของหัวฉีด

หัวฉีดแบบใช้แรงดันของเหลว เป็นหัวฉีดของเครื่องพ่นสารชนิดต่างๆทั้งขนาดเล็กที่ใช้และไม่ใช้เครื่องยนต์และขนาดใหญ่ที่ใช้เครื่องยนต์ หัวฉีดแบบนี้มีหลักการง่ายๆ คือ ใช้แรงดันบังคับให้ของเหลวไหลผ่านรูฉีดขนาดเล็ก ของเหลวที่หลุดพ้นจากรูฉีดออกไปจะแตกตัวเป็นละอองสารขนาดเล็กหรือใหญ่ ขึ้นอยู่กับแรงดันและขนาดของรูฉีด ถ้ารูฉีดขนาดใหญ่ให้ละอองสารหยาบ รูฉีดขนาดเล็กให้ละอองสารละเอียด หัวฉีดใช้แรงดันของเหลวแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ หัวฉีดแบบแรงปะทะ หัวฉีดแบบรูปพัด และหัวฉีดแบบรูปกรวย

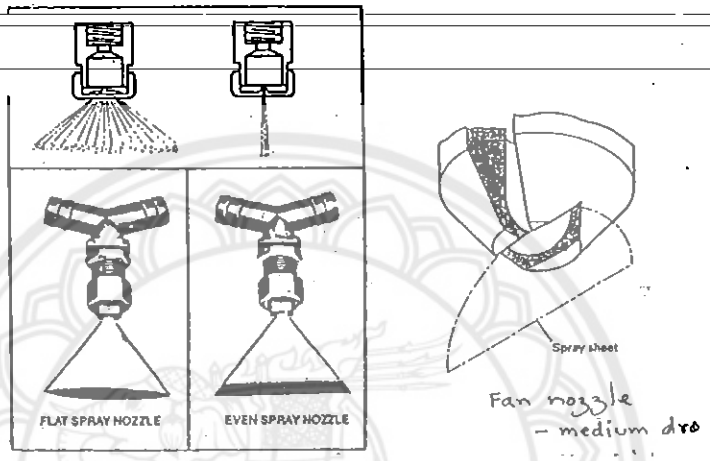
(1) หัวฉีดแบบแรงปะทะ เป็นหัวฉีดสำหรับเครื่องพ่นสารกำจัดวัชพืชโดยเฉพาะทำด้วยโลหะหรือพลาสติกแข็งเป็นชิ้นเดียวกันจะมีรูขนาดเล็กตรงกลางและ ของเหลวที่ไหลผ่านรูนี้จะปะทะกับแผ่นกั้นแล้วกระจายตัวออกเป็นละอองสารในลักษณะรูปพัด อาจมีมุมระหว่าง 25-180 องศา ขึ้นอยู่กับแรงดันที่ใช้ แต่โดยทั่วไป หัวฉีดแบบนี้จะใช้แรงดันต่ำประมาณ 1-2 บาร์ (15-30ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)ซึ่งจะให้ละอองสารที่หยาบจะได้ไม่ปลิวไปถูกพืชอื่นที่อยู่ข้างเคียง พื้นที่ที่ละอองสารตกลงดินจะเป็นรูปวงรีแคบๆบริเวณปลายทั้งสองข้างจะโตเล็กน้อย




รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของหัวฉีดแบบปะทะ

( http://www.doae.go.th/Library/html/detail/protect/kreg7.htm )

(2) หัวฉีดแบบรูปพัด หัวฉีดแบบนี้ทำด้วยวัตถุชิ้นเดียว มีลักษณะกลมแบบตรงกลางเจาะเป็นรูปวงรีเล็ก ๆ ให้ของเหลวไหลผ่าน ขนาดของเหลวที่ไหลผ่านรูฉีดด้วยแรงดันสูงจะแผ่เป็นรูปพัด มีความกว้างของมุมที่ของเหลวออกมาต่างๆ กันระหว่าง 65-80 องศา อัตราการไหลมากน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของรูฉีดและแรงดัน หัวฉีดชนิดนี้ใช้งานป้องกันกำจัดวัชพืชด้วยแรงดันต่ำประมาณ 1-3 บาร์ (14-15 ปอนด์) เพื่อให้มีละอองสารหยาบจะได้ไม่ปลิวไปถูกพืชข้างเคียง นอกจากนั้นยังใช้พ่นสารป้องกันกำจัดศตรูพืชเตี้ย ๆ และ สม่ำเสมอ เช่น ถั่วลิสง พืชผัก




รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของหัวฉีดแบบพัด

( http://www.doae.go.th/Library/html/detail/protect/kreg7.htm )

(3)หัวฉีดแบบรูปกรวย เป็นหัวฉีดที่ใช้กันมากในการกำจัดศัตรูพืช ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญ 2 ชิ้น คือ รูฉีด ทำด้วยโลหะหรือวัสดุแข็งแผ่นแบน ๆ หรือเป็นแท่งกลมมีรูหรือร่องเอียงให้ของเหลวไหลผ่านเพื่อให้เกิดกระแสวน ด้านหลังของรูฉีดและผ่านออกไป เป็นรูปกรวยกลม ถ้าพื้นที่ตรงกลางของรูปกรวยไม่มีนั้นเรียกว่าหัวฉีดแบบกรวยกลวง แต่ถ้ามีพื้นที่ตรงกลางเป็นรูปกรวยจะเรียกว่าหัวฉีดแบบกรวยทึบ หัวฉีดแบบนี้มีขนาดของรูฉีดและแผ่นทำให้เกิดกระแสวนให้เลือกหลายขนาดเพื่อให้ได้อัตราการไหลและขนาดของละอองสารที่ต้องการส่วนใหญ่ใช้แรงดันสูงตั้งแต่ 3 บาร์ (45 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ขึ้นไป

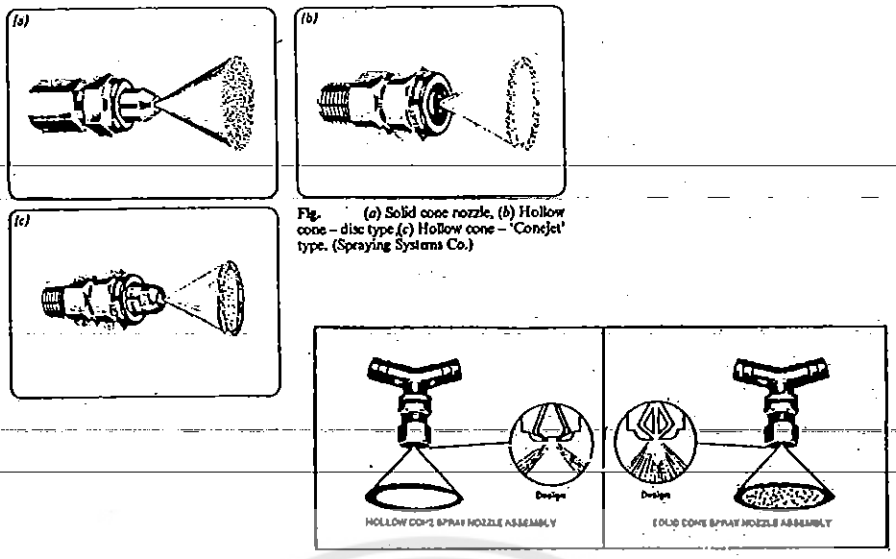


Fig. (a) Solid cone nozzle, (b) Hollow cone – disc type (c) Hollow cone – 'Conejet' type. (Spraying Systems Co.)

รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของหัวฉีดแบบกรวย

( http://www.doae.go.th/Library/html/detail/protect/kreg7.htm )

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะการใช้งานของหัวฉีด

| พลังงาน | ประเภทหัวฉีด | เครื่องพ่นสารที่ใช้ | การใช้งาน |
|---|---|---|---|
| ใช้แรงดัน | 1.ชนิดปะทะ<br>2.รูปพัด<br>3. กรวย | 1.เครื่องอัดลม<br>2.เครื่องสูบชัก<br>3.เครื่องสูบโยก<br>4.เครื่องยนต์พ่นสารฯ แบบใช้ของเหลว | - หัวฉีดรูปพัดและแรงปะทะใช้พ่นวัชพืช<br>- หัวฉีดกรวยใช้พ่นแมลงและพ่นวัชพืช |

( ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, 2545)

2) การคำนวณระยะห่างระหว่างหัวฉีดพ่น

(1) การคำนวณหาระยะการกระจายตัวของหัวฉีดนั้นหัวฉีดแต่ละชนิดจะมีระยะการกระจายตัวที่ต่างกัน

(2) ดูลักษณะการใช้งานว่าใช้งานแบบไหน

(3) จัดระยะของหัวฉีดให้มีอัตราการฉีดพ่นที่สม่ำเสมอ

3) หลักการพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

เมื่อรู้จักเครื่องพ่นสารชนิดต่าง ๆ แล้วควรรู้จักการพ่นสาร เกษตรกรฉีดพ่นส่วนมากจะเป็นการฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ที่ใช้น้ำมาก เราแบ่งหลักการฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยถือหลักการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในรูปของเหลวผสมน้ำโดยคิด ปริมาณที่ใช้ต่อพื้นที่ที่ทำการฉีดพ่นออกได้ 3 แบบ คือ

(1) การพ่นสารแบบใช้น้ำมาก ปริมาณสารที่ใช้ผสมน้ำ 20-80 ลิตรต่อไร่ เครื่องพ่นสารที่ใช้พ่นวิธีนี้ คือ เครื่องพ่นสารแบบใช้ แรงคนชนิดทำงานระบบแรงดันของเหลว เครื่องยนต์พ่นสารแบบใช้แรงดันของเหลว เครื่องยนต์พ่นสารแบบใช้แรงลมสะพายหลัง

(2) การพ่นสารแบบใช้น้ำน้อย ปริมาณสารที่ใช้ผสมน้ำ 5-16 ลิตรต่อไร่ เครื่องพ่นสารที่ใช้พ่นน้ำน้อยมากได้แก่ เครื่องยนต์พ่น สารแบบใช้แรงลมสะพายหลัง แต่ต้องติดตั้งอุปกรณ์บังคับปริมาณสารให้ไหลในปริมาณต่ำกว่าปกติ

(3)การพ่นสารแบบใช้แรงเข้มข้น ปริมาณสารที่ใช้ผสมน้ำ 0.3-1.4 ลิตรต่อไร่ เครื่องพ่นสารที่ใช้พ่นสารแบบนี้ ได้แก่ เครื่องพ่นสารแบบจานหมุน เครื่องยนต์พ่นสารแบบใช้แรงลมสะพายหลังที่ติดตั้งอุปกรณ์พ่นสารเข้มข้น และเครื่องพ่นหมอกควัน

จากที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่าเกษตรกรที่ใช้เครื่องยนต์พ่นสารแบบใช้แรงลมสะพายหลังสามารถดัดแปลงเครื่องพ่นสารของตน มาใช้พ่นสารแบบน้ำน้อยโดยใช้วัสดุเพิ่มเติม คือ ที่บังคับปริมาณสารให้เหมาะสมกับวิธีการพ่นสารแบบน้ำน้อยจะช่วยลดเวลาในการฉีด พ่นและประหยัดสารที่ใช้พ่น นอกจากนี้ภาวะการในปัจจุบันแหล่งน้ำเริ่มขาดแคลน ดังนั้นการพ่นสารแบบน้ำน้อยจะได้รับการนิยมมาก ขึ้น

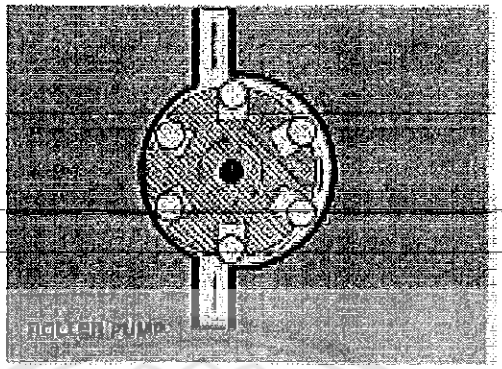
**2.2.2 ปั๊ม**

ปั๊ม (pump) มีหน้าที่ในการให้แรงดันแก่น้ำหรือของไหลเพื่อที่ไหลไปสู่หัวฉีด (nozzle) ปั๊มที่ใช้ในเครื่องพ่นสารเคมีมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของแรงดันและความเหมาะสมในการใช้งาน การเลือกใช้ปั๊มแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำยาที่ต้องการ ความเร็วในการพ่น แรงดันที่ใช้ และความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี โดยทั่วไปปั๊มที่ใช้กับเครื่องพ่นสารเคมีจะอาศัยเพลาอำนวยกำลัง เป็นตัวขับให้ปั๊มทำงานหรืออาจจะใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับ ปั๊มสามารถแบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ

- ปั๊มที่มีอัตราการไหลแน่นอน ซึ่งจะแปรผันกับความเร็วรอบของปั๊ม เช่น ปั๊มลูกสูบ
- ปั๊มที่มีอัตราการไหลไม่แน่นอนเมื่อเปลี่ยนความเร็วรอบ เช่น ปั๊มหอยโข่ง

ปั๊มให้ความดันกับของเหลวโดยเป็นตัวส่งของเหลวเข้าไปตามท่อและหัวฉีด ซึ่งจะมีขนาดเล็กทำให้เกิดความต้านทานและเกิดความดันสูง ดังนั้น เราจึงต้องใช้วัสดุที่ประกอบท่อให้มีคุณภาพสูงด้วย การเลือกปั๊มเราจำเป็นต้องดูในเรื่องประสิทธิภาพของปั๊ม และปริมาตรที่ปั๊มสามารถทำได้ ถ้ามีการผสมก็จะคิดการรักษาความดันที่ต้องการด้วย และตัวแปรอื่นๆ เช่น ราคาปั๊ม ระยะเวลาการใช้งาน ชนิดของต้นกำลัง ปั๊มที่นิยมใช้ ด้านการฉีดพ่นสารเคมีมีด้วยกัน 4 ชนิด คือ ปั๊มแบบหอยโข่ง, ปั๊มแบบลูกกลิ้ง, ปั๊มแบบลูกสูบและปั๊มแบบไดอะแฟรม

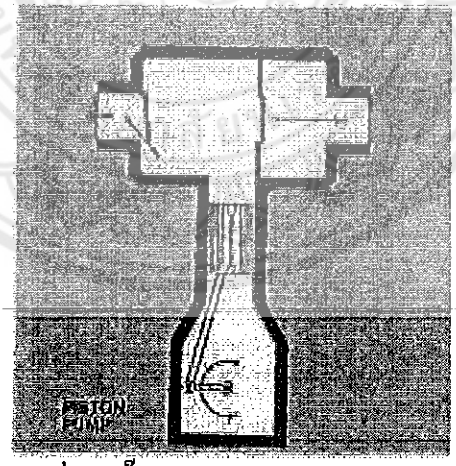
1) ปั๊มแบบลูกกลิ้ง (roller pump) สามารถให้แรงดันน้ำสูง อัตราการไหลของน้ำยาสารเคมีเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่ขาดเป็นช่วง ๆ เหมือนปั๊มแบบไดอะแฟรมและปั๊มแบบลูกสูบ เหมาะสมสำหรับเครื่องพ่นสารเคมีขนาดเล็กที่ต้องการแรงดันสูง



รูปที่ 2.5 ปั๊มแบบลูกกลิ้ง (roller pump)

(http://www.widwa.com/engineering%20trip/AGtrip/spray_p3.htm)

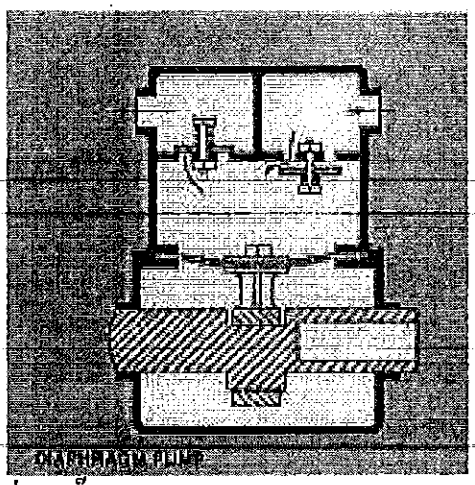
2) ปั๊มแบบลูกสูบ (piston pump) สามารถให้แรงดันน้ำได้สูง ปริมาณของสารเคมีที่ไหลในแต่ละครั้งจะน้อยกว่าปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง และลักษณะการไหลจะขาดเป็นช่วง ๆ ตามจังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบ แต่จะมีอัตราการไหลแน่นอน ซึ่งจะแปรผันกับความเร็วรอบของปั๊ม




รูปที่ 2.6 ปั๊มแบบลูกสูบ (piston pump)

(http://www.widwa.com/engineering%20trip/AGtrip/spray_p3.htm)

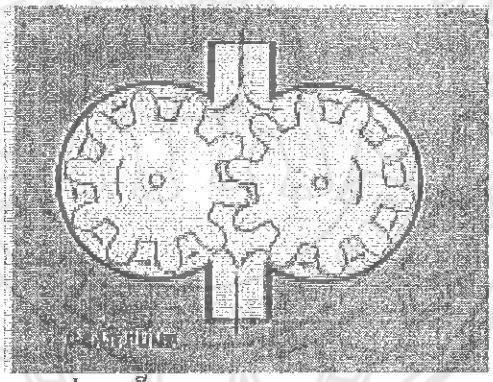
3) ปั๊มแบบไดอะแฟรม (diaphragm pump) สามารถให้แรงดันน้ำได้สูงแต่น้ำยาที่ไหลออกไปแต่ละครั้งมีปริมาณน้อย และการไหลของน้ำยาสารเคมีจะไม่คงที่ ปั๊มแบบนี้สามารถใช้กับของเหลวที่มีสารแข็งแขวนลอยได้โดยที่ปั๊มไม่เกิดความเสียหาย



รูปที่ 2.7 ปั๊มแบบไดอะแฟรม (diaphragm pump)

(http://www.widwa.com/engineering%20trip/AGtrip/spray_p3.htm)

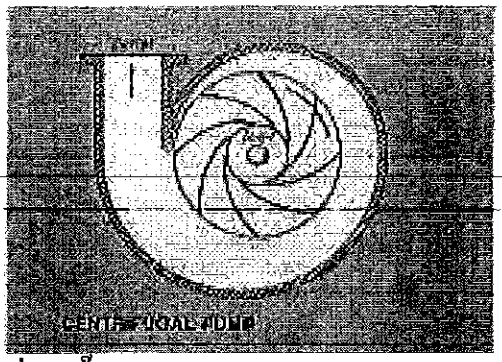
4) ปั๊มแบบฟันเฟือง (gear Pump) สามารถให้แรงดันน้ำยาสารเคมีสูงและให้ปริมาณค่อนข้างมาก เหมาะสำหรับเครื่องพ่นสารเคมีที่มีความเข้มข้นมากๆ ลักษณะของเฟืองที่ขบกันจะทำให้ปั๊มสึกหรอได้ง่าย



รูปที่ 2.8 ปั๊มแบบฟันเฟือง (gear Pump)

(http://www.widwa.com/engineering%20trip/AGtrip/spray_p3.htm)

5) ปั๊มแบบหอยโข่ง (centrifugal pump) เป็นปั๊มที่ให้แรงดันของน้ำยาสารเคมีค่อนข้างต่ำกว่าปั๊มชนิดอื่น แต่สามารถให้น้ำในปริมาณมากฮีกทั้งปริมาณการไหลคงที่ปั๊มชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะลักษณะการสร้างง่ายไม่ซับซ้อนยุ่งยาก มีชิ้นส่วนในการ เคลื่อนที่เพียงสองสามชิ้นเท่านั้น การซ่อมบำรุงรักษาง่าย อายุการใช้งานยาว ความ เสียหายที่จะเกิดค่อนข้างน้อยเพราะอาศัยการเหวี่ยงน้ำออกไปเป็นรัศมี การสึกหรอจึงต่ำ ที่สำคัญ เมื่อมีการอุดตันตรงทางออกของปั๊ม ปั๊มก็ยังสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดแรงดันสูงมากนัก ปั๊มชนิดนี้จึงเหมาะสมกับงานที่ต้องการปริมาณน้ำมากแต่ความดันต่ำ

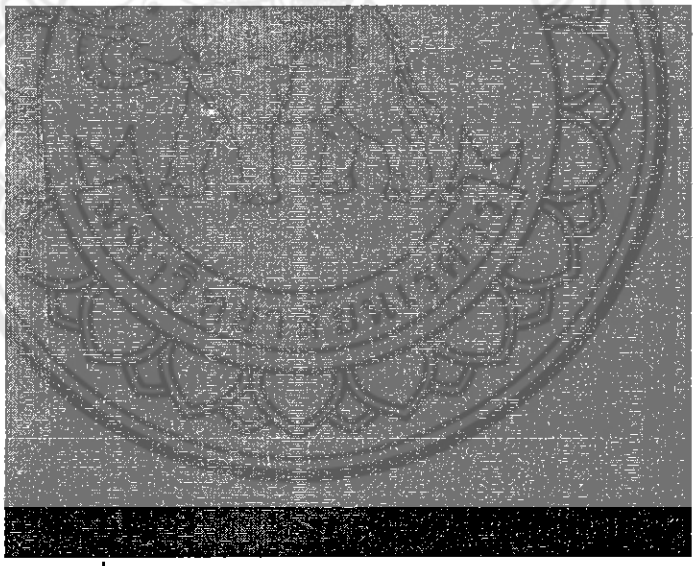


รูปที่ 2.9 ปั๊มแบบหอยโข่ง (centrifugal pump)

(http://www.widwa.com/engineering%20trip/AGtrip/spray_p3.htm)

**2.2.3 ภาชนะบรรจุสาร**

ภาชนะบรรจุสารทำจากวัสดุที่เป็นโลหะหรือพลาสติก ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมี ส่วนมากถังบรรจุสารจะผลิตจากวัสดุโพลีเอสธิลีนซึ่งมีหลายแบบดังรูปที่ 2.9 ถึง 2.11



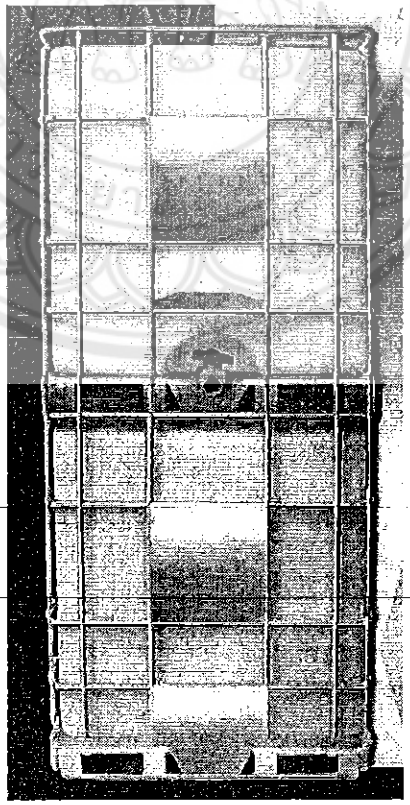
รูปที่ 2.10 ถังบรรจุสารเคมีผลิตจากวัสดุโพลีเอสธิลีน

(http://www.dbdmart.com/viriyapan/product.detail)

รูปที่ 2.11 ถังบรรจุสารเคมีผลิตจากวัสดุโพลีเอสธิลีนเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรม

(http://www.dbdmart.com/viriyapan/product.detail)

ตัวถังผลิตจากโพลีเอททีลีน แข็งแรงทนทาน ทนต่อแสงแดด ไร้ตะเข็บรอยต่อ



รูปที่ 2.11 คุณสมบัติของถังตัวถังผลิตจากโพลีเอททีลีน

(http://www.dbdmart.com/viriyapan/product.detail)

ส่วนถังบรรจุสารที่ผลิตจากวัสดุสเตนเลส หรือชื่ออย่างเป็นทางการ คือ "เหล็กกล้าไร้สนิม" เป็นศัพท์ทั่วไปที่ใช้เรียกเหล็กในกลุ่มที่มีความต้านทานการกัดกร่อนสูง สเตนเลสเป็นโลหะผสมระหว่างเหล็กและคาร์บอน ซึ่งส่วนประกอบจะมีปริมาณคาร์บอนต่ำกว่า 1.2% มีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลักอย่างน้อยที่สุดประมาณ 10.5% หรือมากกว่าทำให้เกิดการสร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์ (chromium oxide film : $CrO_2$ หรือเรียกว่า passive film) ที่มองไม่เห็นเกาะติดแน่นอยู่ที่ผิวหน้าทำให้เหล็กกล้า มีความต้านทานการกัดกร่อน ฟิลม์ปกป้องนี้จะมีความบางเทียบเท่ากับวางกระดาษ 1 แผ่นบนตึกสูง 20 ชั้น ถ้าฟิล์มที่ผิวหน้านั้นถูกทำลายไม่ว่าจากแรงกล สารเคมีหรือออกซิเจนที่มีอยู่ในบรรยากาศ แม้จำนวนน้อยนิดจะเข้าทำปฏิกิริยากับโครเมียม สร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์ ทดแทนขึ้นใหม่ด้วยตัวมันเอง สเตนเลสสามารถปรับปรุงคุณสมบัติในการต้านทานการกัดกร่อนและสมบัติอื่นๆ ที่ต้องการให้สูงขึ้นได้โดยการเพิ่ม ส่วนผสมของโครเมียมและเพิ่มธาตุอื่นๆเช่น โมลิบดิบนัม นิกเกิล และไนโตรเจนเข้าไป สเตนเลส มีอยู่มากกว่า 60 ชนิด ด้วยคุณสมบัติที่ไม่เหมือนใคร เช่น ยากต่อการขึ้นสนิมเมื่อเทียบกับโลหะหรือวัสดุชนิดอื่นๆค่าบำรุงรักษาต่ำง่ายต่อการเชื่อมและการขึ้นรูป ระยะเวลาการใช้งานคุ้มค่ากับราคา และสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่ทั้งหมด จึงทำให้สเตนเลสเป็นโลหะที่ทรงคุณค่า คุณสมบัติและประโยชน์ใช้สอยที่ไร้ขีดจำกัด

สเตนเลส แบ่งออกเป็นกลุ่มพื้นฐาน ได้ 5 กลุ่มคือ ออสเทนนิติค, เฟอริติค, ดูเพล็กซ์, มาร์เทนซิติคและกลุ่มเพิ่มความแข็งโดยวิธีการตกผลึก

กลุ่มออสเทนนิติค (Austenitic grade) มีคุณสมบัติไม่เป็นแม่เหล็ก (non – magnetic) ตัวอย่างเช่น มีส่วนผสมของโครเมียม 18% มีส่วนผสมของธาตุนิกเกิล 8% เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในการสร้าง, ประกอบ (Fabrication) เข้าด้วยกันและเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน เป็นเกรดที่ใช้งานแพร่หลายมากที่สุด

กลุ่มเฟอริติค (Ferritic grade) มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก(magnetic) มีธาตุคาร์บอนผสมปริมาณที่ต่ำ และมีโครเมียมเป็นธาตุผสม หลักที่สำคัญ ตัวอย่างเช่นส่วนผสมโครเมียม 12 % และ 18 %

กลุ่มมาร์เทนซิติค (Martensitic grade) มีสมบัติเป็นแม่เหล็ก (magnetic) ตัวอย่าง ชนิดที่มีส่วนผสมของโครเมียม 12-18% และมี ธาตุคาร์บอนผสมอยู่ปานกลาง สามารถปรับความแข็งได้ โดยการให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (Quenching) และอบคืนตัว (Tempering) สามารถลดความแข็งได้ คล้ายกับเหล็กกล้าคาร์บอน และพบการใช้งานที่สำคัญในการผลิตเครื่องตัด, อุตสาหกรรมเครื่อง บินและงานวิศวกรรมทั่วไป

กลุ่มดูเพล็กซ์ (Duplex grade) มีโครงสร้างผสมระหว่างโครงสร้างเฟอริติค และออสเทนนิติค มีโครเมียมเป็นธาตุผสมอยู่ระหว่าง 18-28% และมีนิกเกิลผสม 4.5% ถึง 8% พบใช้งานมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบรรยากาศแวดล้อมของคลอไรด์

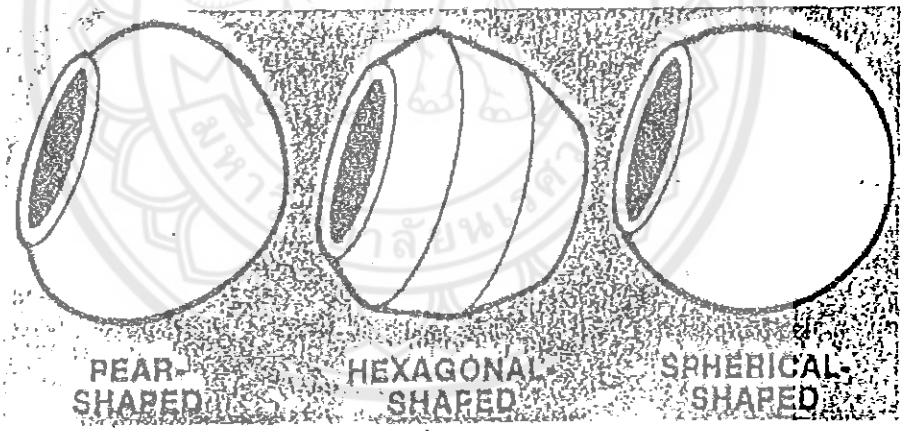
กลุ่มเพิ่มความแข็งโดยการตกผลึก (Precipitation hardening steels) ตัวอย่างชนิดที่ มีส่วนผสมของโครเมียม 17% และเพิ่มส่วนผสมของนิกเกิล ทองแดงและไนโอเบียม ชนิดที่มีส่วนผสมของโครเมียมต่ำสุด 17% และมีธาตุอื่นผสม สามารถเพิ่มความแข็งแรงได้โดยกลไกเพิ่มความแข็งจากการตกผลึก (Precipitation hardening mechanism) โดยสามารถเพิ่มความแข็งแรงสูงมาก มีค่าความเค้นพิสูจน์ (Proof stress) อยู่ระหว่าง 1,000 ถึง 1,500 เมกาปาสคาล (MPa) ขึ้นอยู่กับชนิดและกรรมวิธีปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อน (Heat treatment)

**2.2.4 ถังผสม**

ถังผสมที่ใช้ในปัจจุบันจะมีลักษณะการทำงานเป็นแบบเครื่องเคลือบ ซึ่งตัวอย่างเครื่องเคลือบที่ใช้ในปัจจุบันมีดังนี้

1) Conventional pans

คำว่า Conventional pans หมายถึงถังที่มีรูปร่างทรงกลม, hexagonal, หรือรูปลูก pear ที่เกิดหลายๆรูปร่างก็เนื่องจากการเคลือบน้ำตาลโดยวิธีการเท (ladle sugar coating) ซึ่งผู้เคลือบก็คิดว่าถังที่ตนคิดจะช่วยการเคลือบดีที่สุด อย่างไรก็ตามยังไม่มีหลักฐานยืนยันในเรื่องนี้ ถังเคลือบรูปร่างต่างๆ เวลาใช้ก็จะติดอยู่บน stand อันเดียวกัน, หมุนที่ความเร็วเท่ากันและมุมเอียงที่เท่าๆกันด้วย




รูปที่ 2.12 Conventional pans รูปแบบต่างๆ

(ทัดทรง ทั่งทิพย์, 2534. ยาเม็ด คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล หน้า 192-220)

หลักการทำงาน

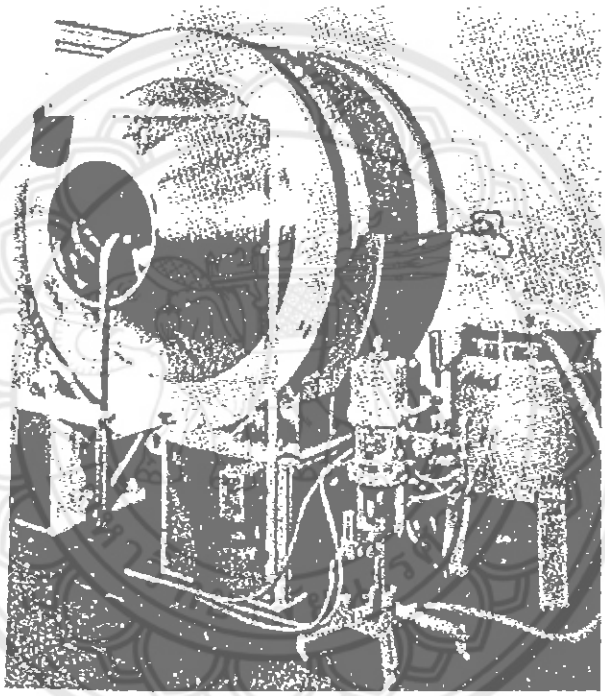
เมื่อหมุนถังเคลือบเม็ดยาจะกลิ้งในลักษณะ cascading fashion tumbling action จะมากที่สุดในบริเวณส่วนกลางของถังเคลือบที่ซึ่ง tablet bed มีความหนาที่สุด ส่วนบริเวณด้านหน้าและด้านหลังของถังเคลือบ tumbling action จะมีน้อย จึงเป็น"จุดตาย"ขึ้น ยาที่ติดกันเป็นคู่ๆหรือยาที่รับ coating syrup มากและมีขนาดใหญ่ขึ้นๆจะเคลื่อนที่ไปอยู่บริเวณดังกล่าวโดยอัตโนมัติ ต้องเอายาเม็ดเหล่านี้ออกจาก"จุดตาย"โดยการใช้ baffle ช่วย แต่โดยทั่วไปแล้วจะใช้วิธีใส่ถุงมือปัดออกมาซึ่งก็ได้ผลดี

2) Rear-vented pans

Pan ชนิดนี้ออกแบบให้มีรูปร่างคล้ายกับโดนัทขนาดใหญ่ มีช่องเปิดทั้งด้านหน้าและด้านหลังของ pan ส่วนด้านข้าง pan จะเอียงทำมุม pan จะหมุน โดยการวางอยู่บน rollers ซึ่งหมุนได้ pan ชนิดนี้เป็น drying unit ที่มีประสิทธิภาพดีกว่าเมื่อเทียบกับ Conventional pans เพราะว่ามี positive air flow ผ่าน bed นอกจากนี้ Rear-vented pans ยังมี buffles ติดอยู่เพื่อช่วยให้ turnover rate ของ tablet สูง ยิ่งทำให้แห้งได้เร็วขึ้นอีก

หลักการทำงาน

คล้ายกับ Conventional pans

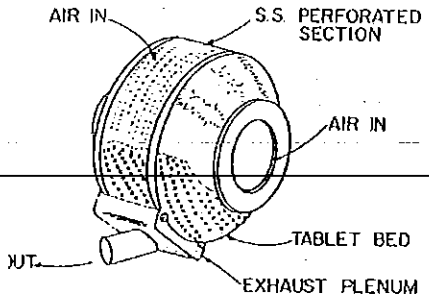


รูปที่ 2.13 Rear-vented pans

(ทัดทรง ทั่งทิพย์, 2534. ยาเม็ด คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล หน้า 192-220)

3) Perforated pans

รูปทรงเหมือนกับ rear – vented pans แต่ขอบด้านข้างของเส้นรอบวงจะมีรูพรุนๆมากมาย และไม่มีรูทางด้านหลังหรือ exhaust port




รูปที่ 2.14 Perforated pans

(ทัดทรง ทั่งทิพย์, 2534. ยาเม็ด คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล หน้า 192-220)

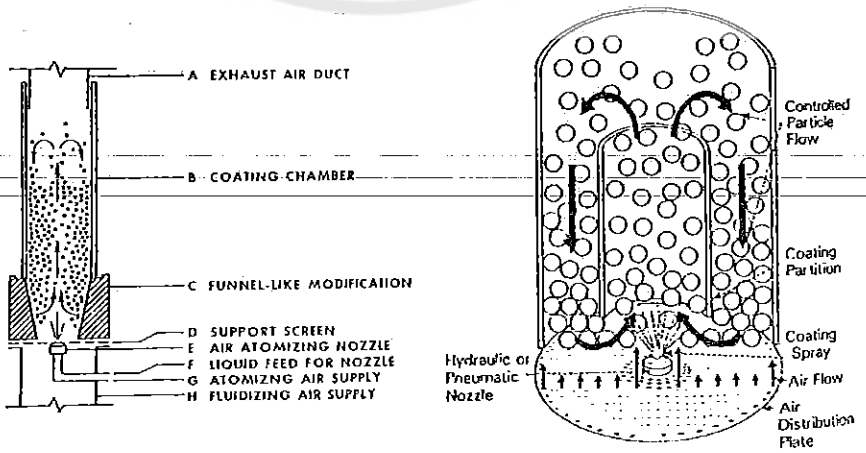
หลักการทำงาน

ในระหว่างการเคลือบจะใส่สารที่เคลือบทางด้านหน้า ปกติ pan จะเป็นระบบปิดโดยที่ลมร้อนจะเข้าทางด้านบนของระบบปิดนี้ ลมร้อนที่ทำให้แห้งนี้จะผ่านเข้าทางช่องรูพรุนๆแล้วเข้าไปใน coating pan ลมร้อนนี้อาจเข้าทางช่องเปิดด้านหน้าแล้วตรงไปยัง tablet bed ด้านนอกติดกับผิวของรูพรุนๆ ใต้ tablet bed จะมี exhaust plenum ประกบ ลมร้อนจะถูกดูดผ่าน tablet bed โดยตรง

4) Air Suspension Coater (Fluidized Bed Coater)

หลักการทำงาน

ยาเม็ดภายใน Chamber เคลือบรูปทรงกระบอกจะถูกขับให้ลอยขึ้นด้วยแรงลมจากด้านล่างของเครื่อง การไหลของลมจะถูกควบคุมความเร็วลมตรงแกนกลางของคอลัมน์ให้สูงกว่าด้านข้าง โดยการออกแบบให้ส่วนล่างของคอลัมน์มีลักษณะเป็นรูปกรวย ยาเม็ดจะลอยขึ้นด้วยแรงยกตัวจากลมในแนวแกนศูนย์กลางของคอลัมน์ ขณะเดียวกัน spray nozzle จะ พ่น coating solution ไปยังเม็ดยาที่ลอยตัวขึ้นอย่างต่อเนื่อง ที่ติดอยู่บริเวณส่วนบนหรือส่วนล่างของ chamber coating solution ก็ได้ ยาเม็ดในเครื่องจะผลัดเวียนรับ coating solution




รูปที่ 2.15 Air Suspension Coater (Fluidized Bed Coater)

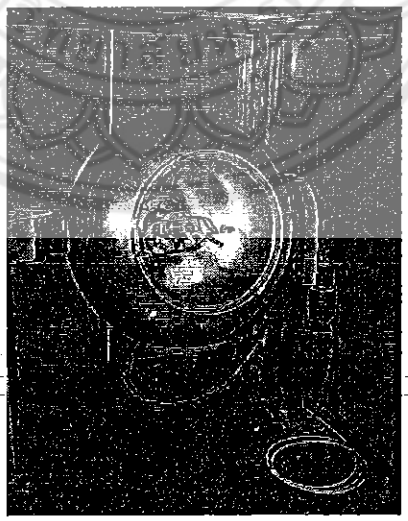
(ทัดทรง ทั่งทิพย์, 2534. ยาเม็ด คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล หน้า 192-220)

5) เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์พืช

"เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์พืช" ซึ่งเป็นแบบถังหมุน เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้สารเคลือบติดกับเมล็ดพันธุ์อย่างสม่ำเสมอ โดยมีการควบคุมระยะเวลาการฉีดพ่น ทำให้อุณหภูมิที่ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดนั้นเหมาะสม และเพราะเป็นระบบปิดมีระบบขจัดสาร จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้

"การทำงานของเครื่อง ให้เริ่มจากนำเมล็ดพันธุ์ที่ต้องการเคลือบเข้าไปในถังหมุน เครื่องจะพ่นสารเป็นละอองฝอยเคลือบเมล็ดที่โรยตัวจากถังหมุน ผ่านหัวฉีดซึ่งออกแบบเฉพาะให้ติดเมล็ดอย่างแนบแน่น ขณะเดียวกันก็จะมีลมที่ควบคุมอุณหภูมิเป่าไปที่เมล็ดพันธุ์ เพื่อทำให้สารเคลือบแห้งติดเมล็ดอย่างรวดเร็ว ซึ่งกรรมวิธีทั้งหมดนี้ควบคุมด้วยระบบอิเลคโทรนิคสวิทซ์ จึงไม่เป็นการเพิ่มความชื้นแก่เมล็ดพันธุ์ ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ความเร็วการหมุนของถังเคลือบเวลาฉีดพ่นจะแม่นยำ สารเคลือบจึงติดกับเมล็ดอย่างสม่ำเสมอถูกต้องตามอัตราที่กำหนด

ซึ่งเครื่องนี้สามารถบรรจุเมล็ดพันธุ์ได้ครั้งละ 5-7 กก.ประสิทธิภาพในการเคลือบที่ทั่วถึง 80-90 % หลังผ่านการเคลือบเมล็ดสามารถนำไปใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องนำไปลดความชื้น ประโยชน์ของเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบถังหมุนนี้ มีคุณสมบัติที่เหนือกว่าเครื่องนำเข้าจากต่างประเทศ ทั้งประสิทธิภาพการกักเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ได้นานกว่า เมล็ดงอกสมบูรณ์ดีหลังถูกนำไปเพาะปลูก ให้ผลผลิตดีเมื่อถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยว ที่สำคัญเครื่องที่ผลิตขึ้นเองนั้นมีต้นทุนประมาณ 1.5 แสนบาท ส่วนเครื่องที่นำเข้ามีราคาสูงถึง 1.4 ล้านบาท



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะของถังเคลือบเมล็ดพืช

(http//www.komchadluek.net)

# บทที่ 3

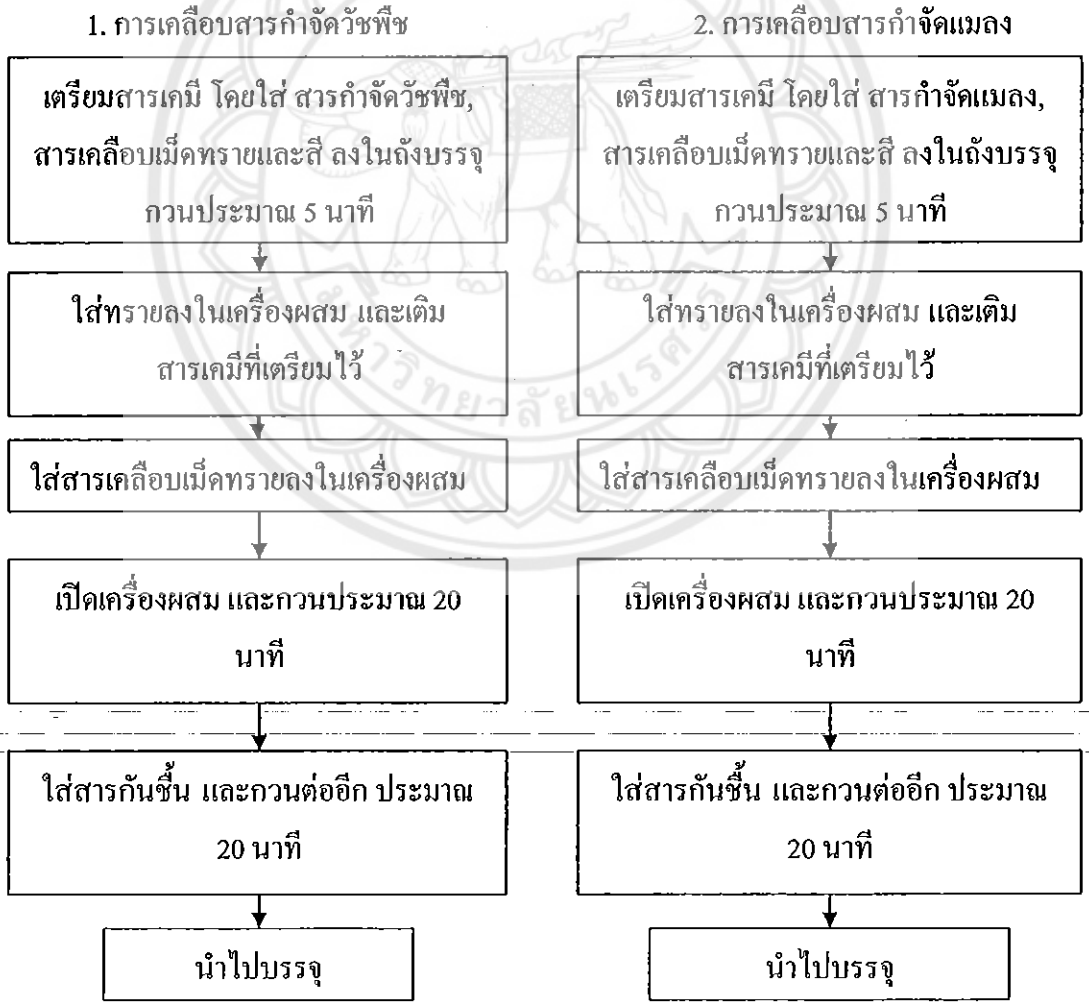
# วิธีการดำเนินงาน

**3.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตสารกำจัดศัตรูพืชจากบริษัท**

บริษัท เอส.ซี ฟอร์มูเลเตอร์จำกัด เป็นบริษัทหนึ่งที่ผลิตสารกำจัดวัชพืชและศัตรูพืชชนิดเม็ด โดยทำการราดสารเคมีบนเม็ดทรายและทำการผสมทำให้สารเคมีกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น ในการปรับปรุงเครื่องเคลือบสารเคมีบนเม็ดทราย ผู้ดำเนินโครงงานจึงได้ทำการศึกษาข้อมูลต่างๆ ดังนี้

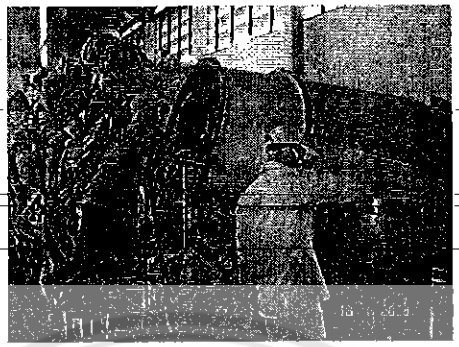
**3.1.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิตจากทางบริษัท**

การผลิตสารกำจัดศัตรูพืชชนิดเม็ดจะแบ่งชนิดสารเคมีที่ใช้เคลือบเป็น 2 ชนิด คือ สารกำจัดศัตรูพืช และ สารกำจัดแมลง ซึ่งจะมีขั้นตอนการผลิตดังนี้




รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการผลิตสารกำจัดศัตรูพืชชนิดเม็ด

การฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช หรือ การเคลือบสารกำจัดแมลง จะใช้แรงงานคนในการฉีดสารเคมีผ่านสายยางเข้าสู่ถังผสมและระหว่างฉีดพ่นจะให้อีกคนหนึ่งกวนสารเคมีเพื่อไม่ให้สารจับตัวกันดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงการฉีดพ่นและกวนสารเคมีด้วยพนักงาน

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิต พบว่า

1) ขั้นตอนการผลิตของบริษัทจะต้องใช้พนักงานฉีดสารกำจัดศัตรูพืช ผ่านสายยางเข้าไปในถังผสมในขั้นตอนนี้พนักงานจะต้องสัมผัสกับสารกำจัดศัตรูพืช โดยตรงซึ่งจะเป็นอันตรายต่อพนักงานเป็นอย่างมาก

2) สารเคมีที่ฉีดเข้าไปผสมเม็ดทรายจะประกอบด้วยสารกำจัดศัตรูพืช และสารเคลือบโดยทางบริษัทจะใช้ปั๊มดูดสารกำจัดศัตรูพืช จากถังบรรจุสารกำจัดศัตรูพืช ฉีดเข้าเครื่องผสมและเมื่อสารกำจัดศัตรูพืช หมดก็จะเทสารเคลือบเข้าไปในถังบรรจุสารเคมีเดิมเมื่อสารทั้งสองมาผสมกันจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีทำให้มีความหนืด

3) เมื่อสารกำจัดศัตรูพืช ที่ทำปฏิกิริยาจนมีความหนืดเพิ่มมากขึ้นถูกฉีดเข้าไปในถังผสมโดยใช้สายยางจะทำให้ทรายจับตัวกันเป็นก้อนและเมื่อใส่สารกันชื้นจะทำให้ทรายที่จับตัวเป็นก้อนนี้เคลือบเฉพาะผิวด้านนอกของก้อนทรายที่จับตัวกันทำให้ขั้นตอนในการเอาทรายที่เคลือบสารกำจัดศัตรูพืช ออกมาบรรจุ ต้องทำการคัดแยกทรายที่จับตัวกันเป็นก้อนออกก่อน จึงทำให้เสียเวลาในการบรรจุ

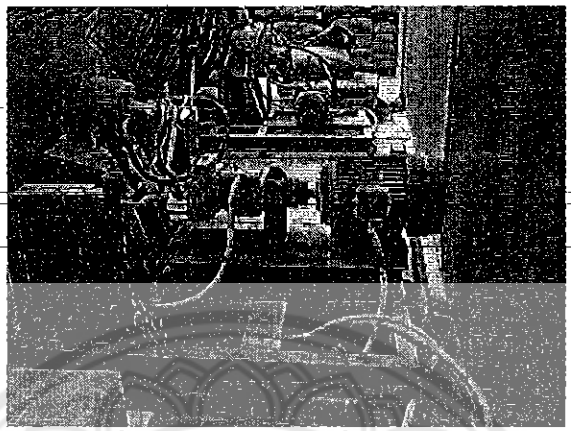
**3.1.2 ศึกษาเครื่องผสมและอุปกรณ์ประกอบ**

เครื่องผสมที่ใช้เป็นเครื่องที่ดัดแปลงจากเครื่องผสมปูน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

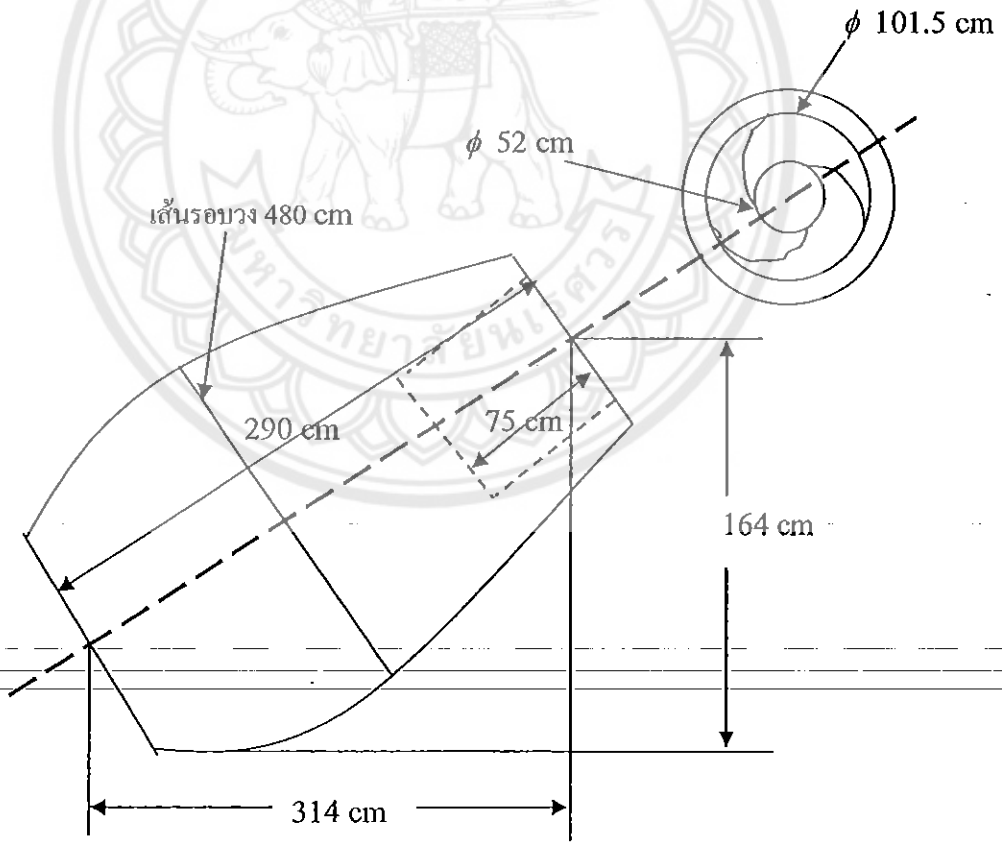
1) เครื่องผสม

- มอเตอร์ 3 เฟส 5 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 1450 rpm ดังรูปที่ 3.3
- ความเร็วของถังผสมเท่ากับ 9 รอบ/นาที
- ความสามารถในการผสมเท่ากับ 1500 กิโลกรัม/ครั้ง

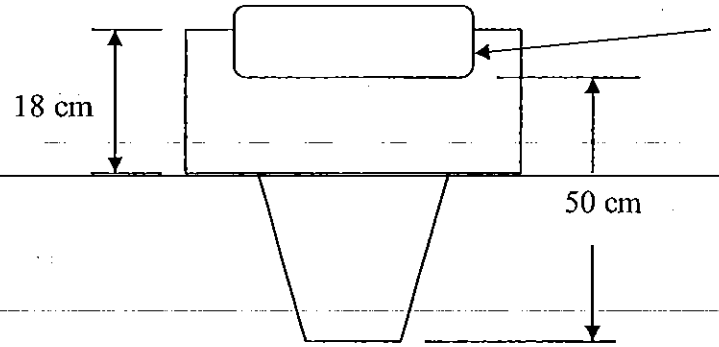
- การทำงานของเครื่องผสมจะสามารถปรับให้ทำงานได้ 2 ทิศทาง โดยจะหมุนตามเข็มนาฬิกาเมื่อทำการผสมสารเคมีบนเม็ดทรายและหมุนทวนเข็มนาฬิกาเพื่อดึงทรายออกมาจากถัง
- ขนาดต่างๆ ของเครื่องผสม แสดงดังรูปที่ 3.4

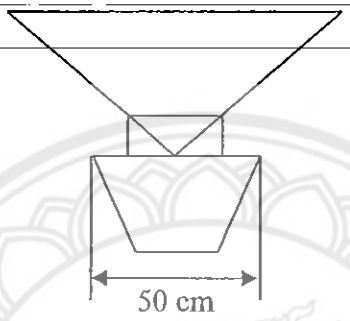


รูปที่ 3.3 แสดงมอเตอร์ที่ใช้ขับถังผสม




รูปที่ 3.4 แสดงภาพลักษณะของของถังผสม

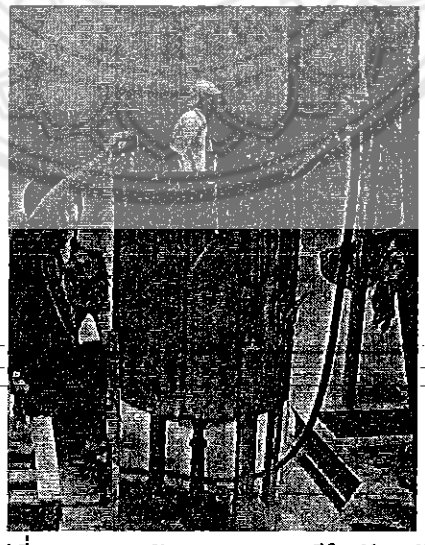



รูปที่ 3.4 แสดงภาพลักษณะของของถังผสม (ต่อ)

2) ถังบรรจุสารเคมี

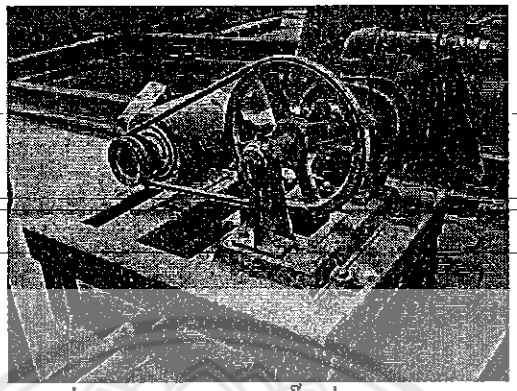
- ถังที่บรรจุสารกำจัดศัตรูพืชมีขนาดบรรจุ 0.24 $m^3$ แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงถังบรรจุสารเคมีในปัจจุบัน

3) ปั๊ม

- เป็นแบบเกียร์ปั๊ม มีความเร็วรอบ 612 rpm ดังรูป 3.6
- อัตราการไหล 0.021 ลิตรต่อนาที



รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะปั๊มที่ใช้ในปัจจุบัน

**3.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของทรายและสารกำจัดศัตรูพืช**

**3.2.1 การหาขนาดของเม็ดทราย**

ในการหาขนาดของเม็ดทรายจะมีขั้นตอนการหาดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม

- ตะแกรงเบอร์ 6, 12, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 140, 200, 270 และถาดรองรับ
- เครื่องชั่ง
- เครื่องสั่น
- กระป๋องบรรจุทราย
- แปรงปัดเม็ดทราย
- นาฬิกาจับเวลา

2) ชั่งน้ำหนักของตะแกรงแต่ละใบและถาดรองรับ

3) นำตะแกรงมาวางบนถาดรองรับและเรียงซ้อนกันจากเบอร์มากอยู่ข้างล่างสุดและเรียงลำดับขึ้นไปหาเบอร์น้อยสุด

4) ทำการชั่งทราย 100 กรัม และนำทรายที่ชั่งใส่ไปในตะแกรงร่อน

5) นำตะแกรงร่อนไปเข้าเครื่องสั่นจับเวลาในการสั่น 20 นาที

6) นำตะแกรงออกมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผลการทดลอง จากนั้นใช้แปรงทำความสะอาดตะแกรงแล้วทำการทดลองซ้ำอีก 2 รอบ หาค่าน้ำหนักทรายเฉลี่ย

**3.2.2 การหาขนาดมุมกองของทราย**

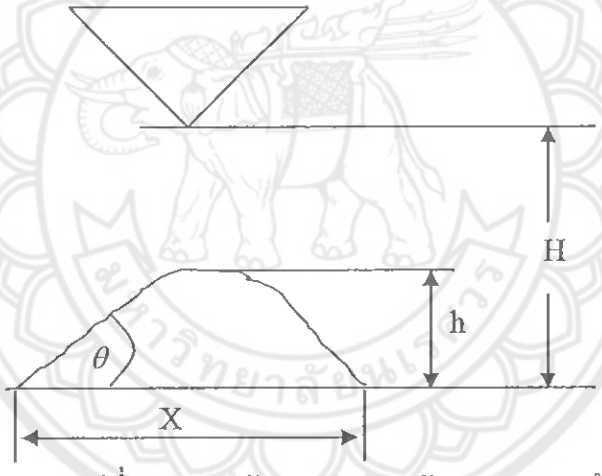
ในการหาขนาดมุมกองของเม็ดทรายมีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม

- ทราย
- กรวยพลาสติก
- ไม้บรรทัด
- จานยึดกรวย
- ไม้กระดานรองทราย

2) วางฐานยึดกรวยกับพื้นโดยยึดกับพื้นให้แข็งแรง และวางไม้กระดานให้ราบกับพื้นที่เรียบเสมอกัน พร้อมกับตวงทรายให้ได้น้ำหนัก 1000 กรัม

3) เททรายที่ตวงไว้ 1000 กรัม ในกรวยโดยมีความสูงจากพื้นถึงทางออกของทราย 40 และ 50 cm และวัดค่าความกว้าง ความสูงของกองทรายคำนวนหาค่ามุมเอียงของทราย $(\theta)$ ดังรูปที่ 3.7




รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะทรายหลังการเททรายแล้ว

**3.2.3 การหาค่าความหนาแน่นของทราย**

การหาค่าความหนาแน่นโดยการคำนวนจากสมการที่ 3.1

ความหนาแน่น = มวล / ปริมาตร .....(3.1)

**3.2.4 การหาค่าความชื้นของทราย**

การหาค่าความชื้นของทรายมีขั้นตอนต่อไปนี้

1) เตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม

- กระป๋องอะลูมิเนียม
- ทราย

- เครื่องชั่งสาร
- ตู้อบ

2) นำกระป๋องอะลูมิเนียมมาชั่ง บันทึกค่า

3) นำทรายมาใส่ในกระป๋องอะลูมิเนียมและทำการชั่ง บันทึกค่า

4) นำทรายเข้าตู้อบตั้งค่าที่ 105 องศาเซลเซียล ใช้เวลาในการอบ 24 ชั่วโมง

5) นำทรายออกจากตู้อบ แล้วนำมาชั่งและบันทึกผล

6) นำค่าที่ได้มาคำนวนหาค่าความชื้นตามสมการที่ 3.2

$$\%db = \frac{\text{น้ำหนักทรายเปียก} - \text{น้ำหนักทรายแห้ง}}{\text{น้ำหนักทรายแห้ง}} \quad \text{.....(3.2)}$$

**3.2.5 การศึกษาคุณสมบัติของสารกำจัดศัตรูพืช**

ส่งสารกำจัดศัตรูพืชและสารกำจัดแมลงไปทดสอบโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาของมหาวิทยาลัยจุฬาลงการณ์ พบว่าสารกำจัดศัตรูพืชมีค่าความหนืด 18 cp และสารกำจัดแมลงมีค่าความหนืด 39 cp

**3.3 ศึกษาหาสารตัวอย่างที่ไม่เป็นอันตราย**

การศึกษาหาสารตัวอย่างมีวัตถุประสงค์เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบหาค่าต่างๆ แทนการใช้สารกำจัดศัตรูพืชตัวจริงและจะได้นำสารตัวอย่างที่ได้มาไว้ใช้ในการทดลองต่อไป คือการทดลองหาชนิดของหัวฉีด การหาระยะห่างระหว่างหัวฉีด และหาจำนวนของหัวฉีด โดยมีการศึกษาหาค่าความหนืดของสารตัวอย่างจากขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม ดังรูปที่ 3.8

- กากน้ำตาล
- น้ำมันถั่วเหลือง
- ซีอิ้วดำ
- น้ำ
- เครื่องวัดความหนืด viscometer รุ่น DV III Rheometer S/N R40020E หมายเลข 6630-046-013 บริษัท ไซแอนติฟิคโปรโมชั่น จำกัด หัว spindle 01
- บิกเกอร์
- แท่งแก้ว
- หลอดตวง

2) ตรวจสอบระดับลูกน้ำ, เปิดสวิตซ์ด้านหลังเครื่อง

3) กดปุ่มใดปุ่มหนึ่งบนเครื่อง เครื่องจะปรับศูนย์โดยอัตโนมัติ

4) จุ่มเข็มเบอร์ 01 ลงในสารตัวอย่างจนถึงระยะ mark ของเข็ม ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ (ปริมาตรบรรจุ 600 ml)

5) ป้อนข้อมูลของเข็มที่จะใช้วัดโดย

- กดปุ่ม select spindle
- กดปุ่มลูกศรขึ้นลง เพื่อเลือกรหัสของเข็มที่จะใช้ขนาดของ spindle ขึ้นอยู่กับของเหลวที่ต้องการวัด ถ้าของเหลวข้นหนืดมากให้ใช้ spindle ขนาดเล็กและความเร็วต่ำ ถ้าของเหลวข้นความหนืดน้อย ให้ใช้ spindle ขนาดใหญ่และความเร็วสูง
- กดปุ่ม select spindle อีกครั้งเมื่อได้รหัสที่ต้องการ

6) เลือกความเร็วรอบที่จะใช้โดย

- กดลูกศรขึ้นลง เพื่อเลือกความเร็วรอบที่ต้องการ
- กดปุ่ม set speed เมื่อได้ความเร็วรอบที่ต้องการ

7) ในกรณีที่ต้องการหยุดเครื่องในขณะที่ต้องการทำการวัดให้กดปุ่ม moter on/off

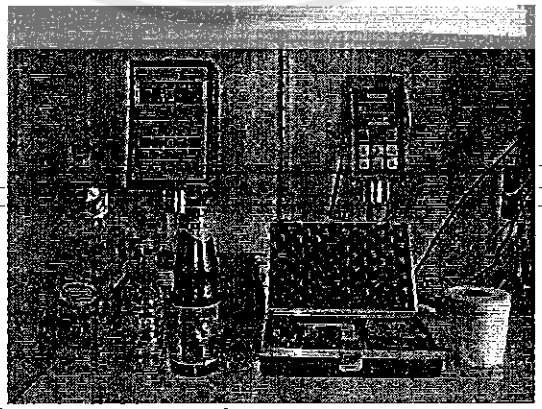
8) ในกรณีต้องการดูข้อมูลในค่าอื่นๆ เช่น เปอร์เซ็นการเกิด Torque, Scale, Viscosity (cps), Shear rate, shear stress ให้กดปุ่ม select display

9) กรณีต้องการทราบอุณหภูมิของตัวอย่างขณะวัดให้ต่อปลั๊ก RTD Probe เข้ากับด้านหลังเครื่อง และจุ่มปลายของ RTD Probe ลงในสารตัวอย่าง

10) ปุ่ม Auto Range ใช้ในกรณีเราต้องการทราบว่าเข็มความเร็วรอบที่ใช้ขณะนั้นสามารถวัดค่าสูงสุดได้เท่าไร

11) ปุ่ม Print ใช้ในกรณีต่อกับเครื่องพิมพ์ผล

12) การวัดค่า ให้นำผลที่อ่านได้จากเครื่องมาสร้างกราฟความข้นหนืดกับ shear rate ให้นำผลที่ผ่านได้จากเครื่องมาสร้างกราฟ shear stress กับ shear rate หาความหนืดของตัวอย่าง



รูปที่ 3.8 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหาสารตัวอย่าง

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 
5200064 150998

**3.4 ศึกษาหาระยะการกระจายตัวของหัวฉีด**

การหาระยะการกระจายตัวของหัวฉีด เพื่อจะนำไปคำนวนหาค่าระยะห่างของการฉีดพ่นระหว่างหัวฉีดและเลือกจำนวนหัวฉีด ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองหาค่าระยะการกระจายตัวดังนี้

1) เตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม ดังรูปที่ 3.9
   - ซีอิ้วดำ
   - น้ำ
   - หัวฉีด
   - ปั๊ม
   - สายยาง
   - ถัง
   - ชุดทดสอบ
   - บิกเกอร์ตวง
   - แก้ว
   - เหล็กบ็อก
   - ลวด
   - โต๊ะ
2) ปรับความดันของปั๊มที่ 8 $kg/cm^2$
3) ทำการฉีดพ่นสารใส่บิกเกอร์เป็นเวลา 20 วินาที
4) บันทึกผลที่ได้ และทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง
5) ทำการปรับแขนบูมให้อยู่ในแนวระดับที่ความสูง 40 ซม.
6) วางชุดทดสอบให้ตรงกับกึ่งกลางของหัวฉีด
7) ทำการฉีดพ่นเป็นเวลา 20 วินาที
8) วัดปริมารสารและบันทึกผลการทดลอง
9) ทำการทดลองตามข้อ 3-6 อีก 2 ครั้ง
10) ทดลองเหมือนข้อ 5-9 อีกครั้ง แต่ทำการปรับแขนบูมให้อยู่ในแนวระดับที่ความสูง 50 ซม. และ 60 ซม. ตามลำดับ
11) ทำความสะอาดอุปกรณ์และเก็บให้เรียบร้อย
12) นำค่าที่ได้มาคำนวณอัตราการไหลของสารต่อวินาที โดยสมการที่ 3.3 หาค่าเปอร์เซ็นต์การกระจายตัว ตามสมการที่ 3.4 หาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวตามสมการที่ 3.5 และนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง

อัตราการไหล = ปริมาตรทั้งหมด/จำนวนเวลาที่ใช้ .....(3.3)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกระจายตัว} = \left( \frac{\text{ปริมาตรที่วัดได้จากระยะต่างๆ}}{\text{ปริมาตรรวมทั้งหมด}} \right) \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots (3.4)$$

สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (เปอร์เซ็น)

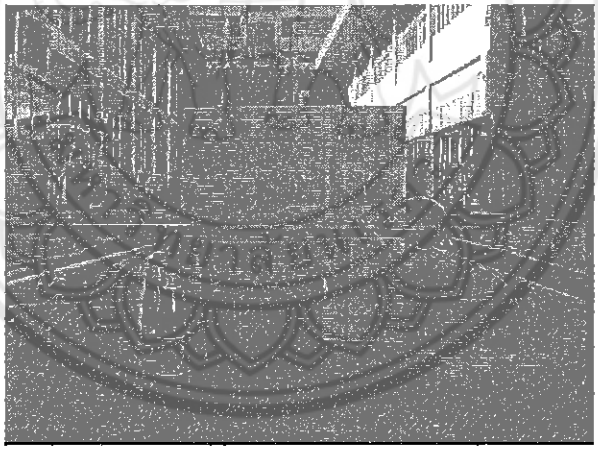
$$CU = \left( 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^{N} |x_i - \bar{x}|}{N\bar{x}} \right) \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots (3.5)$$

$CU$ = สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (เปอร์เซ็น)

$x_i$ = ปริมาณของสารที่ตกลงบนกรอบไม้ ($ml/cm^2$)

$\bar{x}$ = ปริมาณเฉลี่ยของสารที่ตกลงในกรอบไม้ ($ml/cm^2$)

$N$ = จำนวนที่วัดหรือจำนวนกรอบไม้



รูปที่ 3.9 แสดงอุปกรณ์ในการหาระยะการกระจายตัวของหัวฉีด

**3.5 ออกแบบเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย**

เครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย ส่วนที่ทำการศึกษาออกแบบนั้นเป็นการปรับปรุงเครื่องที่ทางโรงงานมีอยู่เดิมให้ดีขึ้น โดยมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1) ปัญหาและความต้องการ

จากการศึกษาจากโรงงาน พบว่าปัญหาของเครื่องผสมคือ หลังจากที่ผสมแล้วเม็ดทรายจับตัวเป็นก้อน การกระจายตัวของสารเคมีไม่ทั่วถึง และมีความชื้น จึงได้ทำการออกแบบและสร้างชุดพ่น

สารเคมีที่สามารถนำไปฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชเคลือบเม็ดทรายได้โดยมีข้อจำกัดทางด้านความลึกของถังผสม และความกว้าง

2) ศึกษารายละเอียดของสิ่งที่ทำการออกแบบ

เพื่อแยกสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นหรือก่อให้เกิดความล้มเหลวทั้งทางด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และทางด้านวัสดุที่นำมาสร้าง พร้อมทั้งพิจารณาว่าวัสดุมีขายตามท้องตลาดหรือใช้งานได้จริง

3) กำหนดการออกแบบ

การออกแบบเครื่องเคลือบสารเคมีบนเม็ดทรายได้มีการวางแผนไว้ว่า

3.1) สะดวกต่อการใช้งาน

3.2) ลดปริมาณคนงานได้

3.3) ลดค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้

3.4) ซ่อมบำรุงง่าย

3.5 ราคาถูก

4) ออกแบบเบื้องต้น

สามารถออกแบบแขนบูมให้ใช้งานได้จริง แสดงดังรูปที่ 3.10 และมีการติดหัวฉีดที่สามารถฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชให้กระจายบนเม็ดทรายอย่างทั่วถึง

4.1) ออกแบบลักษณะของเครื่อง เนื่องจากถังผสมสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทรายมีพื้นที่จำกัด มีลักษณะการใช้งานแบบเดียว ดังแสดงในรูปที่ 3.11 จึงได้ออกแบบให้การวางหัวฉีดสามารถใช้งานได้ตามระยะในถังผสม

4.2) ออกแบบหลักการทำงาน ของเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย โดยใช้มอเตอร์ส่งกำลังให้ปั๊มลูกสูบในการสูบสารกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่หัวฉีด ส่วนประกอบที่สำคัญมีดังนี้

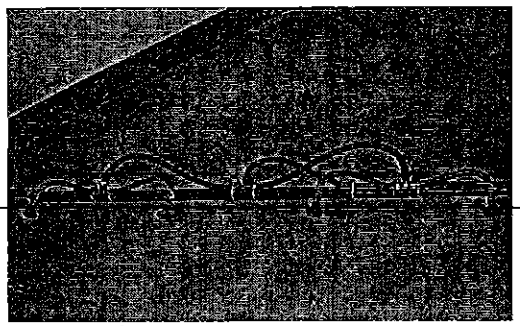
- หัวฉีด
- สายยาง
- ปั๊มลูกสูบ
- มอเตอร์
- ถังบรรจุสารเคมี

5) คำนวณการออกแบบรายละเอียด

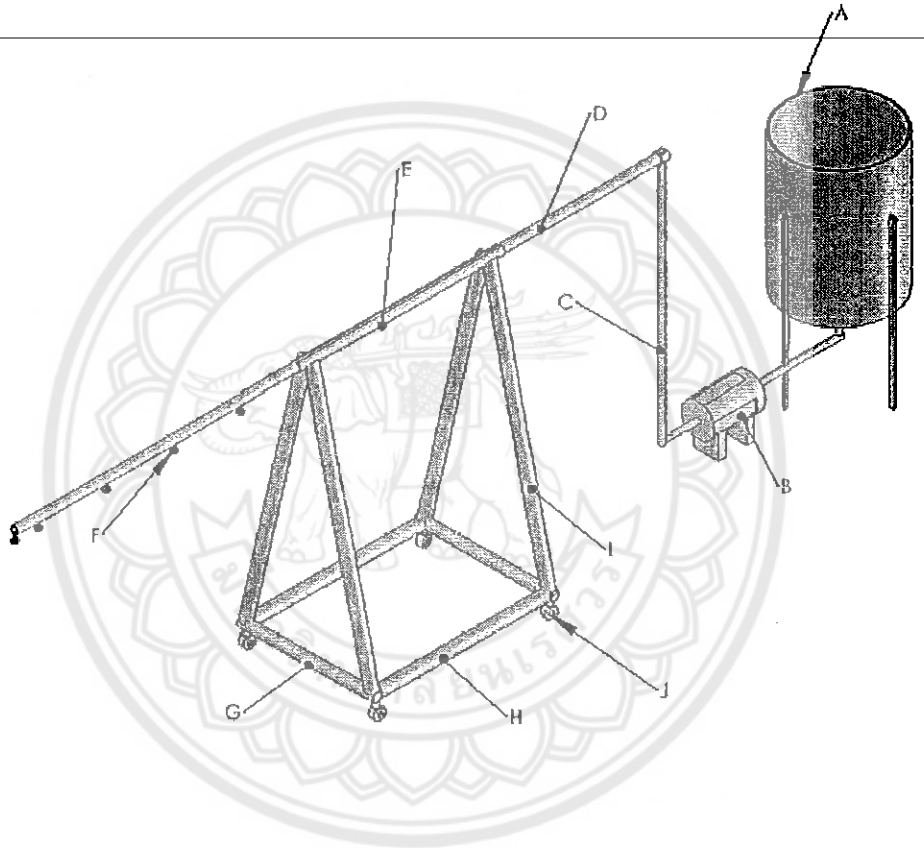
จากการออกแบบเบื้องต้น จะได้แบบคร่าว ๆ แล้วนำมาคำนวณหาขนาดของเหล็กที่สามารถรับน้ำหนักของหัวฉีดแล้วไม่ทำให้เกิดการโก่งตัว

6) สร้างเครื่องต้นแบบ

เมื่อออกแบบรายละเอียดต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้วก็ดำเนินการสร้างแล้วนำไปทดลองที่โรงงาน



รูปที่ 3.10 แสดงออกแบบแขนบูม




รูปที่ 3.11 แสดงส่วนประกอบของเครื่องเคลือบเม็ดทรายด้วยสารเคมี (A ถังสารเคมี, B ชุดต้นกำลังมอเตอร์และปั๊ม, C สายยาง, D แขนบูม, E ปลอกใส่แขนบูม, F หัวฉีด, G H I โครงสร้างรองรับแขนบูมและ J ล้อ)

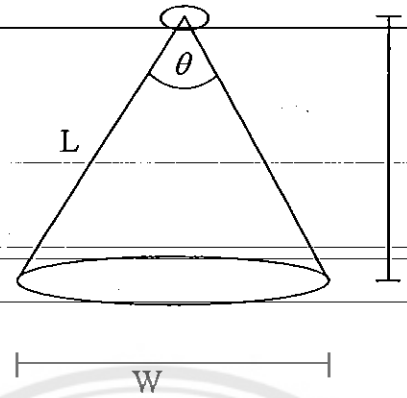
**3.5.1 ส่วนประกอบของชุดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช**

1) หัวฉีด

(1) การเลือกหัวฉีด

หัวฉีดที่ใช้ในการฉีดพ่นสารเคมีบนเม็ดทรายจะต้องมีลักษณะการฉีดพ่นที่เหมาะสม ตามคุณสมบัติในตารางที่ 2.1 ดังนั้นจึงมีการทำการทดลองหาระยะการฉีดพ่นของหัวฉีดดังแสดงวิธีการ

ทดลองในหัวข้อที่ 3.4 และนำค่าที่ได้มาคำนวนหามุมการฉีดพ่นของหัวฉีดที่เหมาะสมกับการใช้งานมากที่สุด โดยจะคำนวนได้ตามสมการที่ 3.6 และจะได้ค่ามุมตามตารางที่ 3.5




รูปที่ 3.12 แสดงการทดลองระยะการฉีดพ่น

$$\theta = 2\tan^{-1}(W/2H) \qquad \text{.....(3.6)}$$

$H$ ความสูงของการฉีดพ่นเฉลี่ย

W ความกว้างของแนวพ่นสาร

$\theta$ มุมในการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช

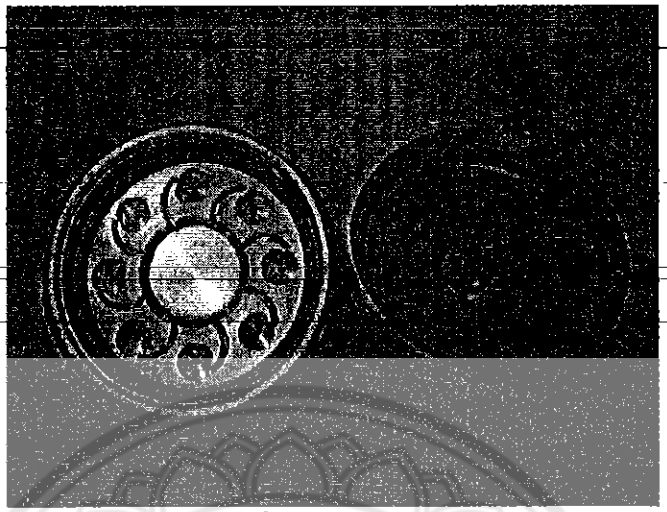
ตารางที่ 3.1 ตารางคุณสมบัติการฉีดพ่นของหัวฉีดทองเหลืองแบบกรวยทึบ

| ระยะการฉีดพ่นเฉลี่ย (cm) | มุมการฉีดพ่นเฉลี่ย (องศา) | |
|---|---|---|
| | 5 รู | 8 รู |
| 40 | 70 | 70 |
| 50 | 58 | 65 |
| 60 | 50 | 62 |
| 70 | 54 | 54 |
| 80 | 48 | 48 |

(2) การเลือกจำนวนหัวฉีด

เนื่องจากเลือกใช้หัวฉีดแบบรูปกรวยมีลักษณะการพ่นแบบกรวยทึบ จำนวน 8 รู ต่อหัว มีระยะการฉีดพ่น 60 เซนติเมตร และมีองศาการฉีดพ่น 62 องศา ดังรูปที่ 3.13 เนื่องจากระยะการฉีดพ่น

นี้เหมาะสมกับข้อจำกัดเรื่องขนาดของพื้นที่ฉีดพ่น จึงเลือกใช้ความสูงที่ 60 ซม. มีระยะการกระจายตัว 72 เซนติเมตร และวางหัวฉีดห่างกันหัวละ 0.4 เมตร และใช้จำนวนหัวฉีดในการฉีดพ่น 5 หัว



รูปที่ 3.13 หัวฉีด 8 รู

2) ต้นกำลัง

(1) การเลือกปั๊ม(pump)

จากการทดลองหาระยะการฉีดพ่นและมุมการฉีดพ่นของหัวฉีด ได้ใช้แรงดันในการทดลอง 8 bar ต่อหัวฉีด 1 หัว ดังนั้นการเลือกหัวฉีด 5 หัว ก็จะต้องใช้แรงดันในการฉีดพ่นทั้งหมด 40 bar และมีอัตราการไหลแน่นอน ซึ่งจะแปรผันกับความเร็วรอบของปั๊ม ดังนั้นจึงเลือกใช้ปั๊มพ่นยาแบบปั๊มลูกสูบ 3 สูบ ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป

(2) การเลือกมอเตอร์

เนื่องจากปั๊มที่เลือกใช้ในท้องตลาดทั่วไป จะใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ดังนั้นจึงเลือกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ 2 HP ทำงานได้ที่ความเร็วรอบ 400 – 1000 รอบ/นาที ความเร็วรอบที่ทำให้ปั๊มมีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ 800 รอบ/นาที ดังนั้นจึงเลือกเส้นผ่านศูนย์กลางของมูเล่เท่ากับ 4 นิ้ว ได้ความเร็วรอบ817 rpm

3) ถังบรรจุสารเคมี

จากคุณสมบัติของสารเคมีที่ใช้เคลือบเม็ดทรายมีค่าการกัดกร่อนสูง ดังนั้นจึงต้องเลือกวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี คือ สเตนเลส 304L เพราะส่วนประกอบของสเตนเลสเป็นคาร์บอนและโครเมียม ซึ่งมีโครเมียมมากกว่าคาร์บอนและทำให้เกิดฟิล์มโครเมียมออกไซด์บางๆ เคลือบผิวของเหล็กกล้า แล้วทำให้มีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อน ซึ่งมันสามารถสร้างขึ้นมาทดแทนใหม่ได้ตลอดเวลา

4) แขนบูมและฐานรองแขนบูม

การเลือกวัสดุทำแขนบูมและฐานรองแขนบูม

จากวิธีการผลิตจะต้องนำแขนบูมใส่เข้าไปในถังผสมซึ่งจะสัมผัสกับทรายและสารเคมี ดังนั้น วัสดุที่นำมาใช้จะต้องเป็นวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีเหมือนเช่นเดียวกับถังบรรจุสารเคมี คือ สเตนเลส 304L

5) สายยาง

การเลือกสายยาง

จากการใช้ปั๊มที่มีแรงดันสูง ดังนั้นจึงเลือกสายยางที่ทนแรงดันสูง

**3.5.2 การออกแบบและคำนวณโครงสร้างของเครื่องเคลือบสารกำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย**

1) การออกแบบและคำนวณชุดโครงสร้างหลักของชุดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช

จากการออกแบบแขนบูมที่ใช้ต่อหัวฉีดและสายยางต่างๆ จะได้ความยาวของแขนบูม 355 ซม. มีระยะการวางหัวฉีดตัวที่ 1 เท่ากับ 8 เซนติเมตร หัวฉีดตัวที่ 2, 3, และ 4 เท่ากับ 40 เซนติเมตร จึงจำเป็นต้องออกแบบโครงสร้างให้สามารถรองรับน้ำหนักของแขนบูม

ข้อจำกัดในการออกแบบ

- รับน้ำหนักได้ 105 กิโลกรัม
- พื้นที่ของบริเวณที่ตั้งเครื่องจักร
- ขนาดของถาดที่รองรับสารเคมีที่ปากถังผสม

2) การออกแบบและคำนวณแขนบูม

จากการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับขนาดและรูปร่างของถังผสม

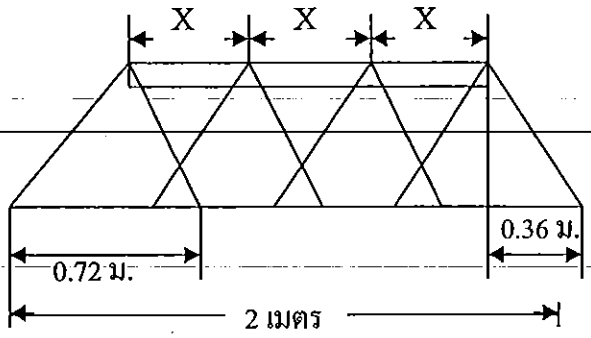
(1) ข้อจำกัดในการออกแบบ

- ความสูงและความกว้างของถังผสม
- ปริมาณทรายที่อยู่ในถังผสม
- ความยาวของปากถังผสม
- พื้นที่ของบริเวณที่ตั้งเครื่องจักร

(2) วิธีการคำนวนแขนบูม

เนื่องจากพื้นที่ภายในตัวถังผสมสามารถยื่นแขนบูมเข้าไปได้เพียง 2.75 เมตร แต่ในส่วนที่ไม่มีการผสมทรายเป็นระยะ 0.75 เมตร ดังนั้นระยะในการฉีดพ่นก็จะเหลือ 2 เมตร จึงต้องมีการคำนวณระยะห่างระหว่างหัวฉีดและคำนวนน้ำหนักของแขนบูม

- คำนวนระยะห่างระหว่างหัวฉีดที่ 4 หัว



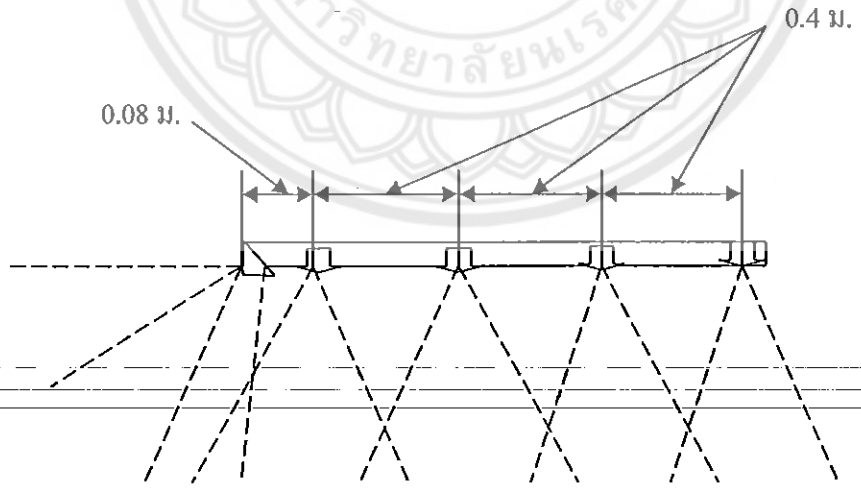

รูปที่ 3.14 แสดงการวางหัวฉีด 4 หัว

มีสมการคำนวนดังนี้

$$X = \frac{200 - 72}{3} = 42.6 \text{ ซม.}$$

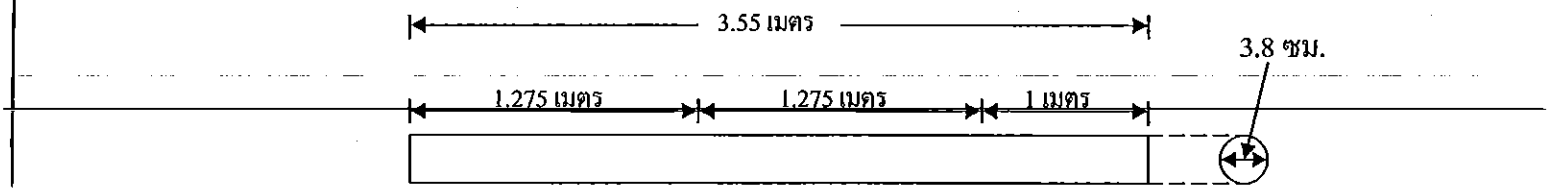
- คำนวนระยะห่างระหว่างหัวฉีดที่ 5 หัว

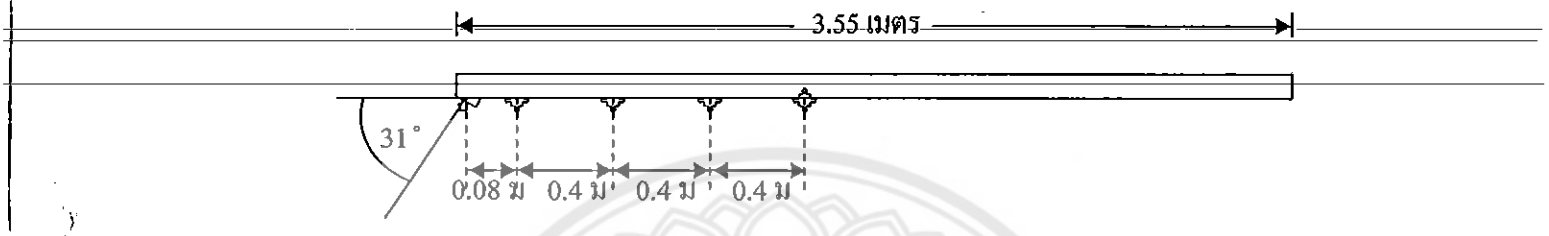
เมื่อใช้หัวฉีด 4 หัวทำให้เกิดปัญหาการฉีดพ่นยังไม่ทั่วถึงหรือยังฉีดพ่นไม่ถึงก้นถัง ดังนั้นจึงมีการเพิ่มหัวฉีดเป็น 5 หัว และมีการจัดเรียงตัวใหม่ จึงวางหัวฉีดตัวแรกหรือตัวที่อยู่ไกลสุดทำมุม 31 องศากับแนวระดับ เพราะเนื่องจากหัวฉีดมีมุมในการฉีดพ่น 62 องศา และจากระยะการวางหัวฉีดแบบเดิม 4 หัวจะวางห่างกัน 42.6 ซม. จึงลดระยะห่างของหัวฉีดลงเหลือ 40 ซม. ดังรูป 3.15




รูปที่ 3.15 แสดงการวางหัวฉีด 5 หัว

- การคำนวนน้ำหนักของแขนบูม เลือกใช้ Stainless Steel แบบกลมกลวง



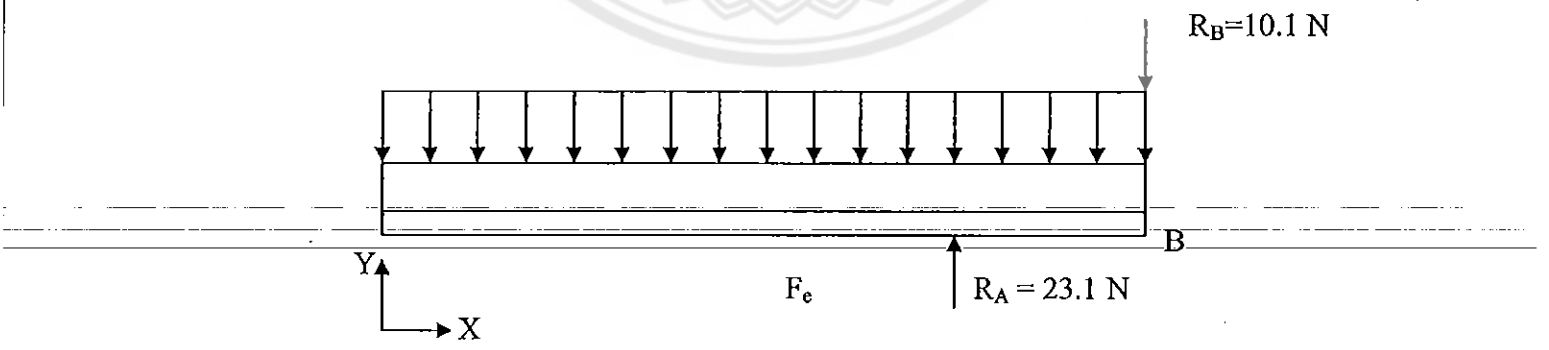

| | | |
|---|---|---|
| น้ำหนักรวมทั้งหมด | สายยาง | 0.48 kg |
| | หัวฉีด | 0.40 kg |
| | ข้องอ 90 องศา | 0.02 kg |
| | ข้อต่อ 3 ทาง | 0.15 kg |
| | น้ำหนักสารในท่อ | 0.26 kg |
| | รวม | 1.31 kg |

จากตาราง ก.1 ที่ Stainless Steel 304L มีค่า $\sigma_y = 170MPa$

จากตาราง ก.2 $\rho = 8000kg/m^3$

มวลของอุปกรณ์ 1.31 kg ยาวรวม 3.55 m

$W_1 = (1.31 \times 9.81)/3.55$ N/m = 3.67 N/m




$[\sum M_B = 0]$ +

$0 = R_A(1) - 3.67(3.55)(1.775)$

$R_A = 23.1$ N

$[\sum Fy = 0]\uparrow +$

$23.1 - R_B - 3.67(3.55) = 0$

$R_B = 10.1$ N

โมเมนต์สูงสุดคงที่ X = 2.55 m

$M_{max} = -W_T(X^2)/2 = -3.67(2.55^2)/2 = -11.9$ N.m

$R_A = V_{max} = 23.1$ N

$\sigma = M/S$

$\sigma_y = 170MPa$

$\sigma_y = 170/F_s = 170/2 = 85 \times 10^6$

$85 \times 10^6 = 11.9/S$

$S = (11.9)/(85 \times 10^6) = 1.4 \times 10^{-7} = 0.14$ cm$^3$

$W_1 = 3.67$ N/m

เนื่องจากขนาดของท่อต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 38 มิลลิเมตร เพื่อที่จะสามารถใส่ข้อต่อหัวฉีดได้ ดังนั้น จึงเลือกท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 42.7 มิลลิเมตร และความหนาที่ 2.3 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าโมเมนต์หน้าตัดเท่ากับ 2.8 ลูกบาศก์เซนติเมตร > 0.14 ลูกบาศก์เซนติเมตร

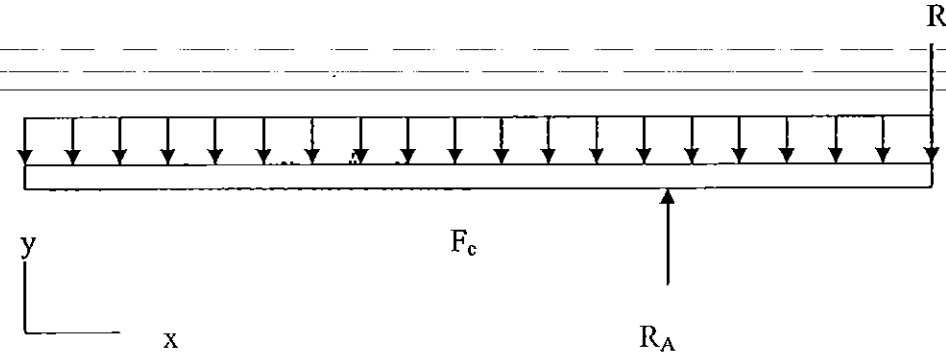
ตรวจสอบ

ท่อมีพื้นที่หน้าตัด $A = \frac{\pi\left(D_o^2 - D_i^2\right)}{4} = \frac{\pi\left(0.0427^2 - 0.0381^2\right)}{4}$

$A = 2.9 \times 10^{-4}$ m$^2$

$W_2 = 8000$ kg/m$^3$ $\times (2.9 \times 10^{-4}) = 2.32$ kg/m $\times$ 9.81 N/kg $= 22.8$ N/m

$W_t = 22.8 + 3.67 = 26.5$ N/m



หา $R_A$ และ $R_B$ ใหม่

$[\sum M_B = 0]$ +

$R_A(1) - 26.5(3.55)(1.775) = 0$

$R_A = 167$ N

$[\sum F_y = 0]$ + ↑

$167 - R_B - 26.5(3.55) = 0$

$R_B = 72.9$ N

โมเมนต์สูงสุดคงที่ X = 2.55 m

$M_{max} = -W_T(X^2)/2 = -26.5(2.55^2)/2 = -86$ N.m

$R_A = V_{max} = 167$ N

$$\sigma_{จริง} = M/S = \frac{86}{2.8 \times (10^{-2})^3} = 30.7 \times 10^6 \text{ N.m}$$

เพราะฉะนั้น $\sigma_y > \sigma_{จริง}$ จะมีค่าเท่ากับ $86 \times 10^6 > 30.7 \times 10^6$

ดังนั้นจึงสามารถรับน้ำหนักได้

**3.6 การดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ**

ในการสร้างเครื่องต้นแบบ จะใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้าเป็นต้นกำลังในการขับปั๊ม ในการติดตั้งจะดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

**3.6.1 ทำการสำรวจอุปกรณ์และเครื่องมือที่ต้องใช้**

**3.6.2 ทำการจัดซื้อและสร้างวัสดุพร้อมหาครุภัณฑ์ที่ต้องใช้ในการประกอบเครื่อง**

1) หัวฉีด

- หัวฉีดทองเหลือง 8 รู แบบรูปกรวยมีลักษณะการฉีดพ่นแบบกรวยทึบจำนวน 5 หัว

2) ปั๊ม

- ปั๊มแรงดันสูงที่ขนาด 40 bar 3 สูบ จำนวน 1 เครื่อง

3) สายยาง

- สายยางยี่ห้อ SHOGUN ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.5 มิลลิเมตร ทนแรงดันได้ 150 kg/cm$^2$

4) ข้อต่อทองเหลือง

- ข้อต่อทางเหลือง 3 ทาง เกรียวนอก จำนวน 4 ตัว

- ข้อต่อ 90° เกรียวนอก จำนวน 1 ตัว

5) แขนบูม

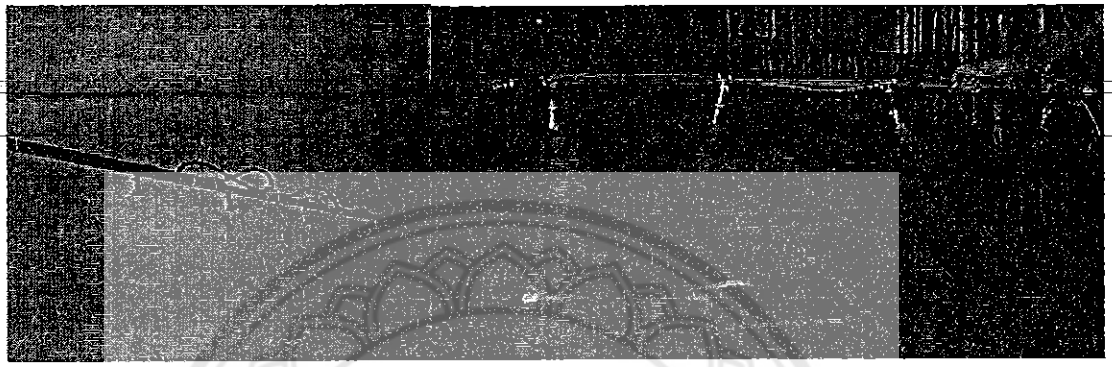
- ใช้เหล็กกล่อง หนา 3 มิลลิเมตร กว้าง 2.54 เซนติเมตร ยาว 2.54 เซนติเมตร

**3.6.3 ทำการประกอบเครื่องต้นแบบ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้**

1) ทำการตัดเหล็กกล่อง ยาว 3.55 เมตร และเจาะรูตามตำแหน่งที่จะติดหัวฉีด

2) ประกอบตัวแขนบูมโดยนำสายยางต่อกับข้อต่อและหัวฉีด มัดติดกับแกนเหล็กให้เรียบร้อย ดังรูปที่ 3.14

3) ทำการเดินระบบ โดยการต่อสายยางระหว่างแขนบูมกับปั๊ม



(ก.) (ข.)

รูปที่ 3.16 แสดงแขนบูมที่ประกอบเรียบร้อย

(ก. แขนบูมที่ต่อกับหัวฉีด 4 หัว, ข. แขนบูมที่ต่อกับหัวฉีด 5 หัว)

**3.6.4 ทำการตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องต้นแบบ ที่ได้ประกอบติดตั้ง**

**3.6.5 ทำการทดสอบการเดินเครื่องเพื่อตรวจเช็คความเรียบร้อย และทำการทดสอบ**

**3.7 การทดสอบสมรรถนะในการทำงานของเครื่องต้นแบบ**

**3.7.1 การทดสอบเครื่องต้นแบบครั้งที่ 1 ซึ่งจะมีหัวฉีดทั้งหมด 4 หัว มีขั้นตอนดังต่อไปนี้**

1) เตรียมสารกำจัดศัตรูพืชและสี มาผสมกันเป็นสารตัวที่ 1

2) เตรียมสารเคลือบเม็ดทรายและน้ำ เป็นสารตัวที่ 2

3) นำทรายใส่ในถังผสมทั้งหมด 1500 กิโลกรัม

4) ทำการเดินเครื่องที่ความเร็ว 9 รอบ/นาที พร้อมกับฉีดพ่นสารเคมีและจับเวลาในการฉีดพ่นสารเคมีทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 3.14

5) ปล่อยให้ถังผสมหมุนผสมจนกว่าจะเข้ากัน จับเวลาในการผสม

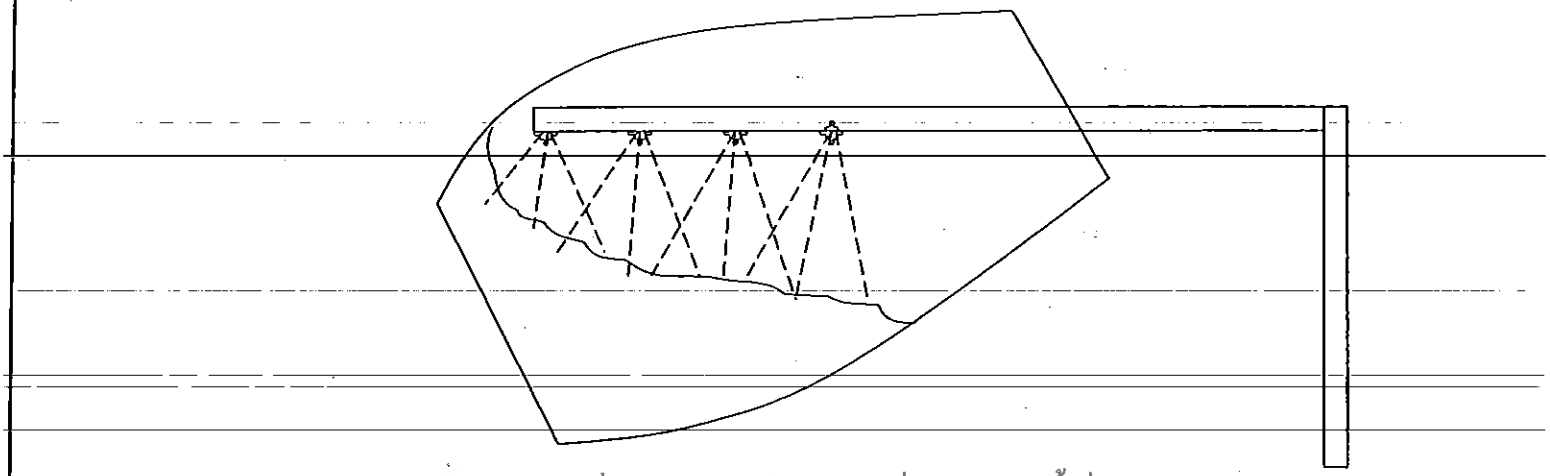
6) ฉีดพ่นสารเคลือบทรายพร้อมทั้งจับเวลาในการฉีดพ่น

7) ปล่อยให้ถังผสมหมุนผสมจนกว่าสารจะเคลือบเม็ดทรายสม่ำเสมอ พร้อมจับเวลาในการผสม

8) ผสมสารกันชื้นพร้อมทั้งจับเวลา

9) ปล่อยให้ถังผสมหมุนผสมจนกว่าสารกันชื้นจะผสมได้ดี และจับเวลาในการผสม

10) นำเวลามารวมกันทั้งหมด



รูปที่ 3.17 แสดงการทดสอบเครื่องต้นแบบครั้งที่ 1

**3.7.2 การทดสอบเครื่องต้นแบบครั้งที่ 2**

1) ทำการทดลองแบบเดิมที่ทางบริษัททำการทดลองอยู่โดยมีการทดลองดังนี้

(1) เตรียมสารกำจัดศัตรูพืช, สารเคลือบเม็ดทราย, สีและน้ำ

(2) นำทรายใส่ในถังผสมทั้งหมด 1500 กิโลกรัม

(3) ทำการเดินเครื่องที่ความเร็ว 9 รอบ/นาที พร้อมกับฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชตามด้วยฉีดพ่นสารเคลือบทรายพร้อมทั้งจับเวลาในการฉีดพ่น แสดงดังรูปที่ 3.15

(4) ปล่อยให้ถังผสมหมุนผสมจนกว่าจะเข้ากัน แต่ในช่วงที่ผสมอยู่จะเก็บสารตัวอย่างทุกๆ 2 นาที

(6) ผสมสารกันชื้นพร้อมทั้งจับเวลา

(7) ปล่อยให้ถังผสมหมุนผสมจนกว่าจะเข้ากัน แต่ในช่วงที่ผสมอยู่จะเก็บสารตัวอย่างทุกๆ 3 นาที

(8) นำเวลามารวมกันทั้งหมด

2) ทำการทดลองใช้เครื่องต้นแบบที่มีหัวฉีดทั้งหมด 5 หัว โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

(1) เตรียมสารกำจัดศัตรูพืช, สารเคลือบเม็ดทราย, สีและน้ำ

(2) นำทรายใส่ในถังผสมทั้งหมด 1500 กิโลกรัม

(3) ทำการเดินเครื่องที่ความเร็ว 9 รอบ/นาที พร้อมกับฉีดพ่นสารเคมีและจับเวลาในการฉีดพ่นสารเคมีทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 3.15

(4) ปล่อยให้ถังผสมหมุนผสมจนกว่าจะเข้ากัน แต่ในช่วงที่ผสมอยู่จะเก็บสารตัวอย่างทุกๆ 2 นาที

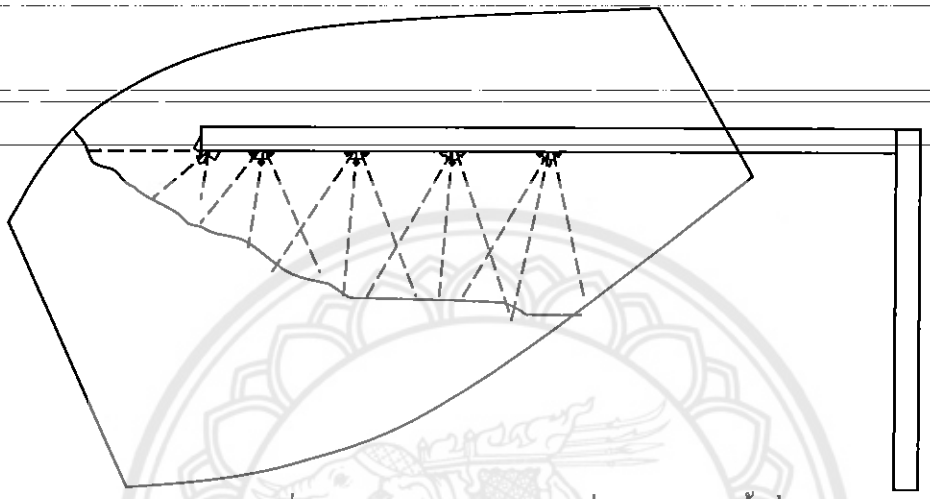
(5) ฉีดพ่นสารเคลือบทรายพร้อมทั้งจับเวลาในการฉีดพ่น

(6) ปล่อยให้ถังผสมหมุนผสมจนกว่าจะเข้ากัน แต่ในช่วงที่ผสมอยู่จะเก็บสารตัวอย่างทุกๆ 2 นาที

(7) ผสมสารกันชื้นพร้อมทั้งจับเวลา

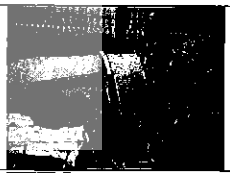
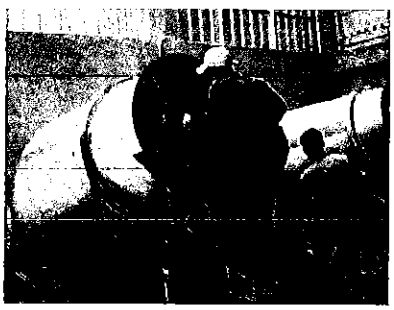
(8) ปล่อยให้ถังผสมหมุนผสมจนกว่าจะเข้ากัน แต่ในช่วงที่ผสมอยู่จะเก็บสารตัวอย่างทุกๆ 3 นาที

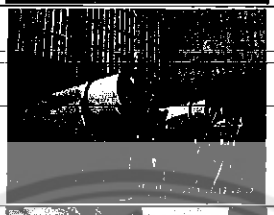
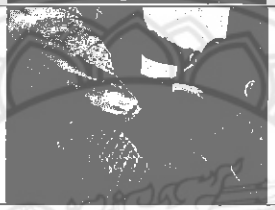
(9) นำเวลามารวมกันทั้งหมด



รูปที่ 3.18 แสดงการทดสอบเครื่องต้นแบบครั้งที่ 2

ตารางที่ 3.2 แสดงภาพขั้นตอนการผลิตสารกำจัดศัตรูพืชชนิดเม็ด

| ขั้นตอนการทำงาน | วิธีทำ | |
|---|---|---|
| | แบบเดิม | แบบใหม่ |
| การเตรียมทราย | |  |
| เตรียมสารเคมี+สารเคลือบเม็ดทราย | | |
| การพ่นเคลือบสารกำจัดศัตรูพืช |  | |
| การพ่นเคลือบสารเคลือบเม็ดทราย | | |

| ขั้นตอนการทำงาน | วิธีทำ | |
|---|---|---|
| | แบบเดิม | แบบใหม่ |
| การใส่สารกันชื้น | | |
| ผสมสารเคมี + สารเคลือบเม็ดทราย และสารกันชื้น |  | |
| นำทรายออกจากถังผสม |  | |

# บทที่ 4

## ผลการทดลองและผลการวิเคราะห์

### 4.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของทราย

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของทราย ผลการทดสอบจะแสดงดังตารางที่ 4.1 และการหาค่าความหนืดของสารกำจัดศัตรูพืชและสารกำจัดแมลงจากการวิเคราะห์โดยเครื่อง Brookfield Digital Viscometer พบว่าสารกำจัดศัตรูพืชมีค่าความหนืด 18 cp และได้ค่าความหนืดของสารกำจัดแมลง 39 cp (ทดสอบโดยสถาบันวิจัยและพัฒนา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของทราย

| คุณสมบัติ | |
|---|---|
| ขนาดเม็ดทราย<br>- 3.35 mm < D > 1.17 mm<br>- 1.17 mm < D > 850 $\mu m$<br>- D < 850 $\mu m$ | <br>56 %<br>42%<br>2% |
| มุมกอง (องศา) | 33° |
| ความหนาแน่น ($kg/m^3$) | 1230 |
| ความชื้นเฉลี่ย (%db) | 0.11 |

### 4.2 ศึกษาหาสารตัวอย่างที่ไม่เป็นอันตราย

เนื่องจากสารกำจัดศัตรูพืชและสารกำจัดแมลงเป็นอันตรายต่อผู้ทดลองจึงต้องทดสอบหาสารตัวอย่างมาใช้ในการทดลองแทนสารตัวจริง จึงต้องมีการทดลองนำสารตัวอย่างไปทดสอบหาค่าความหนืดที่มีค่าใกล้เคียงมากที่สุด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความหนืดของสารต่างๆ

| สารที่ใช้ในการทดสอบ | อัตราส่วนของสารทดสอบ (%) | ความหนืด (cp) |
|---|---|---|
| กากน้ำตาล | 100 | 5000 |
| น้ำมันถั่วเหลือง | 100 | 64.46 |
| ซีอิ้วดำ | 100 | 300.00 |
| ซีอิ้วดำ : น้ำ | 80 : 20 | 38.96 |

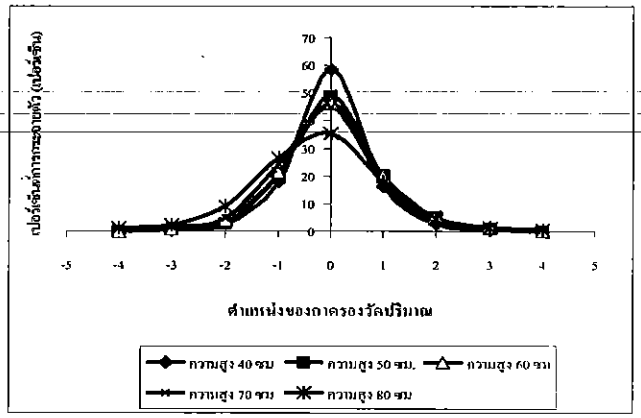
จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 จะได้ว่า ที่อัตราส่วนของซีอิ้วดำ 80 % และน้ำ 20 % ได้ ค่าความหนืดที่ใกล้เคียงกับค่าความหนืดมากที่สุดของสารกำจัดศัตรูพืชซึ่งมีค่าความหนืดคือ 39 cp ที่อัตราส่วนของซีอิ้วดำ 80 % และน้ำ 20 % จะมีค่าความหนืด 38.96 cp

**4.3 การศึกษาหาระยะการกระจายตัวของหัวฉีด**

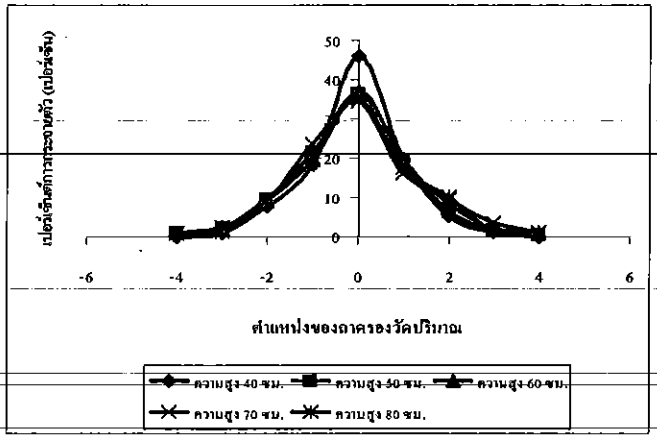
จากการทดลองระยะการกระจายตัวของหัวฉีดเพื่อหาประสิทธิภาพในการกระจายตัวของการฉีดพ่นของหัวฉีด ที่ความดัน 8 kg/cm$^2$ ได้ผลดังตารางที่ 4.3 และนำมาหาค่า เปอร์เซ็นต์การกระจายตัว ได้ผลดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 และสัมประสิทธิ์การกระจายตัว ได้ผลดังตารางที่ 4.4 ทำให้สามารถเลือกขนาดของหัวฉีดที่ 8 รู และใช้จำนวน 5 หัวเนื่องจากในงานฉีดพ่นสารเคมีเพื่อเคลือบเม็ดทรายในถังผสม จำเป็นต้องดูเรื่องการฉีดพ่นให้สารกำจัดศัตรูพืช กระจายให้ทั่วถึงตลอดทั้งถังผสม ซึ่งจากการทดลองหัวฉีด พบว่าหัวฉีดกรวยทึบ 8 รู จะมีระยะรัศมีการกระจายตัวสูงสุดอยู่ที่ 36 ซม. และการวางทับซ้อนของหัวฉีดจะต้องให้การฉีดพ่นมีอัตราการกระจายตัวของสารเคมีที่สม่ำเสมอกันมากที่สุด โดยความสูงระหว่าง แขนบูม กับทรายประมาณ 60 ซม. ซึ่งจะวางตัวหัวฉีดได้ 5 หัว ดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืช

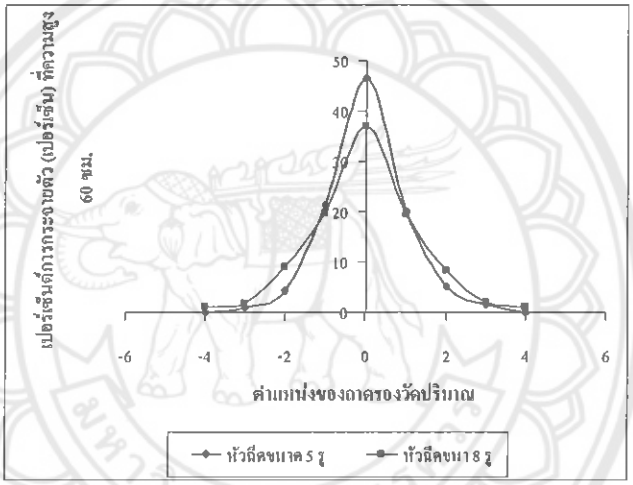
| ความสูง (ซม.) | ปริมาณสารตัวอย่าง (ml/s) | |
|---|---|---|
| | 5 รู | 8 รู |
| 40 | 37 | 47 |
| 50 | 37 | 48 |
| 60 | 38 | 41 |
| 70 | 47 | 29 |
| 80 | 46 | 29 |




รูปที่4.1กราฟความสัมพันธ์เปอร์เซ็นของการกระจายตัวกับตำแหน่งของอุปกรณ์โดยใช้หัวฉีด 5 รู



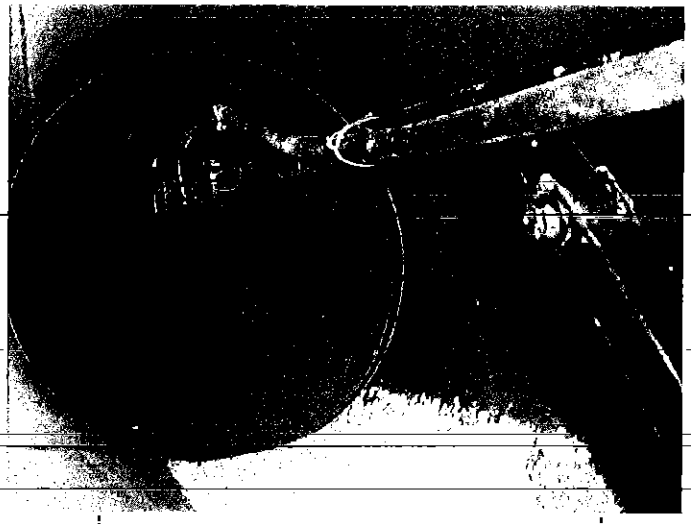

รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์เปอร์เซ็นของการกระจายตัวกับตำแหน่งของอุปกรณ์โดยใช้หัวฉีด 8 รู




รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์เปอร์เซ็นของการกระจายตัวกับตำแหน่งของอุปกรณ์โดยใช้หัวฉีด 8 รู ที่ความสูง 60 ซม.

**4.4 การทดสอบสมรรถนะในการทำงานของเครื่องต้นแบบ**

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบได้ผลดังตารางที่ 4.4 และเวลาที่ใช้ในการผลิตยากำจัดศัตรูพืชชนิดเม็ดทั้งหมดได้ดังตารางที่ 4.5 จากการทำการทดสอบโดยใช้หัวฉีด 4 หัว พบปัญหาด้านการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชและสารเคลือบเม็ดทราย เมื่อเวลาที่ถังผสมหมุนจะดึงทรายไปกองที่ก้นถังทำให้ที่ก้นมีปริมาณทรายมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ดังนั้นจึงมีการติดหัวฉีดเพิ่มที่ส่วนปลายของแขนบูมเพื่อที่จะสามารถฉีดสารกำจัดศัตรูพืชและสารเคลือบเม็ดทรายที่ตำแหน่งก้นถังได้

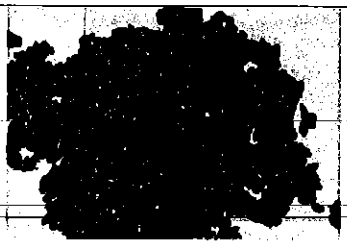
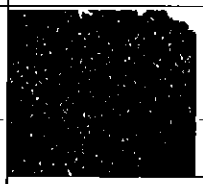
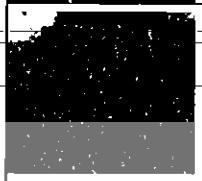


รูปที่ 4.4 แสดงการลาดเอียงของทรายขณะเดินเครื่อง

จากตาราง 4.6 จากการสังเกตพบว่าเวลารวมของการใช้แขนบูมติดหัวฉีด 5 หัวจะใช้เวลาน้อยกว่ากระบวนการเดิม ซึ่งกระบวนการเดิมจะใช้เวลา ในการพ่นเคลือบสารเคลือบเม็ดทรายและสารกันชื้นเป็นเวลา 1.4 นาที ใช้เวลาน้อยกว่าการใช้แขนบูมฉีดพ่น ซึ่งการใช้แขนบูมฉีดพ่นจะใช้เวลาในการพ่นสารกำจัดศัตรูพืชและสารเคลือบเป็นเวลา 6.6 นาที และการใส่สารกันชื้น 3.5 นาทีเมื่อเปรียบเทียบแล้วการพ่นแบบเดิมใช้เวลาเร็วกว่า 5.2 นาที แต่เมื่อสังเกตกระบวนการผสมเพื่อให้สารและทรายผสมกันได้ดี วิธีเดิมใช้เวลา 11 นาที ส่วนวิธีที่ใช้แขนบูมและมีหัวฉีดติดที่ปลาย ทั้งหมด 5 หัวใช้เวลา 7 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่เร็วกว่าวิธีเดิมของการผสม 4 นาที และเมื่อนำทรายออกจากถัง วิธีเดิมจะใช้เวลา 24.3 นาที ส่วนวิธีที่ใช้แขนบูมติดหัวฉีด 5 หัว ใช้เวลา 18.3 นาที เนื่องจากวิธีการฉีดพ่นแบบเดิมมีทรายจับตัวเป็นก้อนจึงต้องเสียเวลาในการแยกทรายที่จับตัวกันเป็นก้อนออกจากทรายที่พร้อมบรรจุ ทำให้กระบวนการผลิตทั้งหมดของแบบเดิมจะใช้เวลามากกว่าการผลิตแบบการใช้หัวฉีด ทั้งหมด 4 นาที 59 วินาที

จากตาราง 4.6 จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นที่วัดได้ ระหว่างการใช้วิธีเดิม และวิธีแบบใหม่ที่มีหัวฉีด 5 หัว จะมีค่าความชื้นแตกต่างกัน ซึ่งการใช้หัวฉีดจะมีค่าความชื้น 1.9% และมีค่าน้อยกว่าการพ่นเคลือบวิธีเดิมซึ่งวิธีเดิมจะมีค่าความชื้นถึง 3 %

ตารางที่ 4.4 ผลที่ได้จากการทดสอบสมรรถนะในการทำงานของเครื่องต้นแบบครั้งที่ 2 จำนวน 5 หัว

| ขั้นตอนการทำงาน | ผลการทดลอง | |
|---|---|---|
| | แบบเดิม | แบบใหม่ 5 หัว |
| การพ่นเคลือบสารกำจัดศัตรูพืช |  |  สามารถพ่นสารพ่นเคลือบได้ |
| การพ่นเคลือบสารเคลือบเม็ดทราย | สารกำจัดศัตรูพืชยังเคลือบไม่ทั่วถึง |  สามารถใส่สารกันชื้นได้ |
| ผสมไปต่อ 2 นาที | สารกำจัดศัตรูพืชยังเคลือบไม่ทั่วถึง | - |
| ผสมไปต่อ 1 นาที | สามารถใส่สารกันชื้นได้ | - |
| การใส่สารกันชื้น (นาที) | 3.49 | 3.49 |
| ผสมสารเคมี + สารเคลือบเม็ดทราย และสารกันชื้นแล้วผสมต่อ 3 นาที | สารกันชื้นยังเป็นผงและเคลือบไม่ทั่วถึง | สารกันชื้นยังเป็นผงและเคลือบไม่ทั่วถึง |
| ผสมต่อ 6 นาที | สารกันชื้นยังเป็นผงและเคลือบไม่ทั่วถึง | สารกันชื้นยังเป็นผงและเคลือบไม่ทั่วถึง |
| ผสมต่อ 7 นาที | - | สามารถนำไปบรรจุได้ |
| ผสมต่อ 9 นาที | สารกันชื้นยังเป็นผงและเคลือบไม่ทั่วถึง | |
| ผสมต่อ 11 นาที | สามารถนำไปบรรจุได้ | |

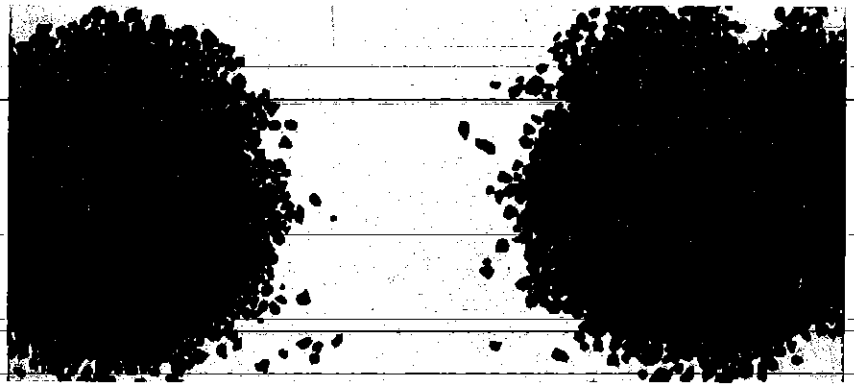
ตารางที่ 4.5 แสดงเวลาในช่วงการทำงานของเครื่องต้นแบบ

| ขั้นตอนการทำงาน | เวลาที่ใช้ (นาที) | | |
|---|---|---|---|
| | แบบเดิม | แบบใหม่ | |
| | | 4 หัว | 5 หัว |
| การเตรียมทราย | 9 | 9 | 9 |
| เตรียมสารเคมี+สารเคลือบเม็ดทราย | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| การพ่นเคลือบสารกำจัดศัตรูพืช | 1.4 | 7 | 5.3 |
| การพ่นเคลือบสารเคลือบเม็ดทราย | | 1.5 | 1.3 |
| การใส่สารกันชื้น | 3.5 | 3.4 | 3.5 |
| ผสมสารเคมี + สารเคลือบเม็ดทราย และสารกันชื้น | 11 | 7.5 | 7 |
| นำทรายออกจากถังผสม | 24.3 | 18.3 | 18.3 |
| **รวมเวลาทั้งหมด** | **60.2** | **57.2** | **55.3** |

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความชื้นในช่วงการทำงานของเครื่องต้นแบบ

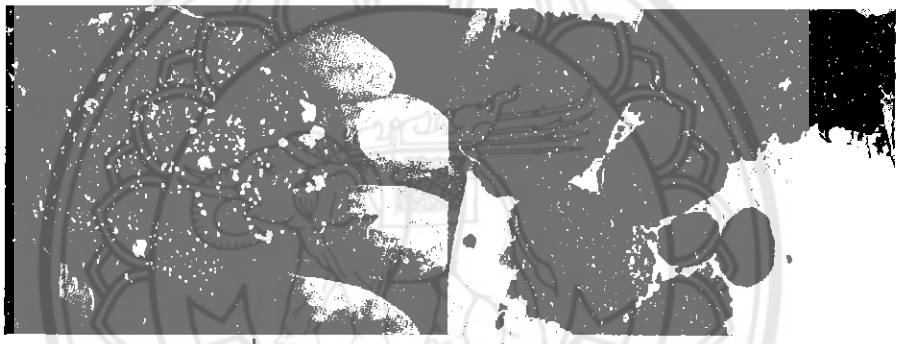
| ขั้นตอนการทำงาน | ความชื้น (%db) | | |
|---|---|---|---|
| | แบบเดิม | 4 หัว | 5 หัว |
| การเตรียมทราย | - | - | - |
| เตรียมสารเคมี+สารเคลือบเม็ดทราย | - | - | - |
| การพ่นเคลือบสารกำจัดศัตรูพืช | 2.1 | 0.6 | 0.8 |
| การพ่นเคลือบสารเคลือบเม็ดทราย | | 2.9 | 1.8 |
| หมุนเครื่องผสมให้เข้ากัน | | | |
| 2 นาทีแรก | 2.1 | - | - |
| 1 นาทีต่อมา | 2.1 | - | - |
| การใส่สารกันชื้น | - | - | - |
| หมุนเครื่องผสมให้เข้ากัน | | | |
| 3 นาทีแรก | 1.7 | - | 1.3 |
| เมื่อผ่านไป 6 นาที | 2.2 | - | 1.4 |
| เมื่อผ่านไป 7 นาที | - | 2.5 | 1.9 |
| เมื่อผ่านไป 9 นาที | 2.3 | - | - |
| เมื่อผ่านไป 11 นาที | 3 | - | - |

ลักษณะของทรายหลังเคลือบสารเคมีแสดงดังรูปที่ 4.5



(ก.) (ข.)

**รูปที่ 4.5** แสดงลักษณะของทรายหลังเคลือบสารเคมี (ก.) การผสมแบบเดิม (ข.) การผสมแบบใหม่



รูปที่ 4.6 แสดงการจับตัวเป็นก้อนของทราย

# บทที่ 5
# บทสรุป

## 5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากการออกแบบและการสร้างชุดทดลองพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเคลือบเม็ดทราย ซึ่งเป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่มีอยู่เดิม ที่ใช้คนฉีดราดสารเคมีโดยตรง ทำให้คนงานสัมผัสกับสารเคมีโดยตรง ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนงาน โดยเครื่องพ่นเคลือบที่ปรับปรุงขึ้นมาใหม่นี้มีลักษณะเป็นแขนบูมติดหัวฉีดมีความยาวของแขนบูม 355 ซม. ซึ่งเป็นความยาวตามระยะความยาวของถังผสม และระยะการจัดวางหัวฉีดต้องสามารถพ่นเคลือบสารเคมีให้ทั่วถึงทรายทั้งถัง โดยฉีดพ่นที่ระยะความสูงจากทราย 60 เซนติเมตร ติดหัวฉีด 5 หัว ซึ่งหัวแรกจะทำมุม 31 องศาและห่าง 8 ซม. กับหัวที่2 ส่วนหัวฉีดตัวที่ 2, 3, 4 และ 5 จะวางห่างกัน 40 ซม. ซึ่งมีอัตราการไหลรวมทั้งหมด 14.1 ลิตรต่อนาที ใช้เวลาในกระบวนการผลิตทั้งหมด 55.26 นาที ซึ่งน้อยกว่าเครื่องเดิม 4.50 นาที และประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้พบว่ามีประสิทธิภาพการเคลือบดีกว่าเครื่องเดิมที่ทางโรงงานใช้อยู่ และสามารถพ่นเคลือบได้สม่ำเสมอและทั่วถึงมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องพ่นแบบเดิม

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการปรับปรุงข้อบกพร่องบางประการ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องพ่น ให้มีข้อบกพร่องน้อยและสะดวกแก่การใช้งาน ดังนี้

1) เนื่องจากการออกแบบและสร้างชุดพ่นเคลือบเม็ดทราย มีข้อจำกัดเรื่องขนาดของถังผสม ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องใส่แขนบูมเข้าไป จึงต้องคำนวณระยะห่างระหว่างหัวฉีดให้พอดีกับขนาดภายในของถัง และฉีดพ่นให้ทั่วถึงทรายทั้งถัง
2) เพื่อให้สะดวกและง่ายต่อการใช้งานในการเลื่อนแขนบูม เข้าและออกจากถังผสม ควรติดลูกปืนไว้ระหว่างปอกของแขนบูมและแขนบูมเพื่อง่ายต่อการเลื่อนเข้า – ออกถังผสม
3) เนื่องจากทางโรงงานใช้สารเคมี 2 สาร คือ สารที่เป็นส่วนของยากำจัดศัตรูพืชและ ส่วนที่เป็นสารเคลือบเม็ดทรายที่พ่นสารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งเมื่อสารทั้ง 2 เกิดการผสมกันแล้วจะจับตัวกันเป็นก้อน ทำให้ปั๊มไม่สามารถดูดขึ้นได้ ต้องทำการล้างปั๊มเพื่อนำมาดูดสารเคลือบ ทำให้กระบวนการไม่ต่อเนื่อง และเสียเวลาในการนำปั๊มไปล้าง จึงควรแยกหัวดูดเป็น 2 หัวใช้ในการดูดสาร 2 สารแยกกัน เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและทำให้กระบวนการผลิตต่อเนื่อง

# เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. หัวฉีด. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2545

คมสัน วงศ์วีรขันธ์. กลศาสตร์ของไหล. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2548

ทัศนัย ภู่พัฒน์, พฐา สุขารมณ์, และยุทธนา วงษ์จันทร์. ออกแบบและสร้างเครื่องพ่นสารกำจัดศัตรูพืชพ่วงติดรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คระวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2545

มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. หัวฉีดพ่นไฮโดรลิกสำหรับการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช. มอก. 1273-2538 สำนักงานมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2538

วิบูลย์ บุญยธโรกุล.รศ.ดร. ปั๊มและระบบสูบน้ำ. ชป.บ. เกียรนิยม (เกษตร) ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529

วิศิษฏ์ จาตุรมาน, ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์. กลศาสตร์ของไหล. แผนกวิชาช่างยนต์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ, 2521

Stout, Bill A. and Bernard Cheze. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Volume 3 Plant Production Engineering, 1999

Shigley, Joseph E. and Charles R. Mischke. Mechanical Engineering Desing . McGraw-Hill series in Mechanical Engineering, 2004

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

# ตารางแสดงคุณสมบัติของวัสดุ

ตาราง ก.1 Mechanical properties of 304 grade stainless steel

| Grade | Tensile Strength (MPa) min | Yield Strength 0.2 % Proof (MPa) min | Elongation (% in 50 mm)min | Hardness | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Rockwell B (HR B) max | Brinell (HB)max |
| 304 | 515 | 205 | 40 | 92 | 201 |
| 304L | 485 | 170 | 40 | 92 | 201 |
| 304H | 515 | 205 | 40 | 92 | 201 |

( ที่มา : http://www.azon.com )

ตารางที่ ก.2 Physical properties For 304 grade stainless steel in the annealea

| Grade | Density kg/m$^3$ | Elastic Modulus (GPa) | Mean Coefficient of Thermal Expansion $\mu m/m/^oc$ | | | Thermal Conductivity (W/m.K) | | Specifi Heat 0-100 $^\circ c$ (J/kg.K) | Electrical Ressistivity N/m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0-100 $^\circ c$ | 0-315 $^\circ c$ | 0-538 $^\circ c$ | At 100 $^\circ c$ | At 500 $^\circ c$ | | |
| 304/L/H | 8000 | 193 | 17.2 | 17.8 | 18.4 | 16.2 | 21.5 | 500 | 720 |

( ที่มา : http://www.azon.com )

ตาราง ก. 3 Typical chemical composition for 304 stainless steel alloys

| Grad | 304 | 304L | 304H |
|---|---|---|---|
| C | 0.08 max | 0.03 max | 0.10 max |
| Mn | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Si | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| P | 0.045 | 0.045 | 0.045 |
| S | 0.3 | 0.03 | 0.03 |
| Cr | 18-20 | 18-20 | 18-20 |
| Ni | 10.5 | 12 | 10.5 |
| N | 0.1 | 0.1 | - |

( ที่มา : http://www.azon.com )

ตาราง ก.4 Typical mechanical properties for 304 stainless steel alloys

| Grad | 304 | 304L | 304H |
|---|---|---|---|
| Tensile Strength (MPa) | 520 | 500 | 520 |
| Compression Strength (MPa) | 210 | 210 | 210 |
| Proof Stress 0.2% (MPa) | 210 | 200 | 210 |
| Elongation A5 (%) | 45 | 45 | 45 |
| Hardness Rockwell B | 92 | 92 | 92 |

( ที่มา : http://www.azon.com )

ตาราง ก.5 Typical mechanical properties for 304 stainless steel alloys

| Gade | 304L |
|---|---|
| Density | 8.00 $g/cm^3$ |
| Melting Point | 1400-1450°C |
| Modulus of Elasticity | 193 GPa |
| Electrical Resistivity | $0.072 \times 10^{-6}$ Ω.m |
| Thermal Conductivity | 16.2 W/m.K at 100°C |
| Thermal Expansion | $17.2 \times 10^{-6}$ /K at 100°C |

( ที่มา : http://www.azon.com )

ตารางที่ ก. 6 คุณสมบัติของเหล็กกลม (carbon steel tubes)

ท่อเหล็กกล้าคาร์บอนสำหรับโครงสร้างทั่วไป มาตรฐาน JIS G3444

| เส้นผ่าน ศูนย์กลาง $(mm)$ | ความหนา $(mm)$ | น้ำหนัก $kg/m$ | พื้นที่หน้าตัด $(cm^2)$ | โมเมนต์อิน เนอร์เชีย $(mm)$ | โมดูลัสหน้า ตัด $(cm^3)$ | รัศมีไจเร ชัน $(cm)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 21.7 | 2.0 | 0.972 | 1.238 | 0.607 | 0.560 | 0.700 |
| 27.2 | 2.0 | 1.24 | 1.583 | 1.28 | 0.930 | 0.890 |
| | 2.3 | 1.41 | 1.799 | 1.41 | 1.03 | 0.880 |
| 34.0 | 2.3 | 1.80 | 2.291 | 2.89 | 1.70 | 1.12 |
| 42.7 | 2.3 | 2.29 | 2.919 | 5.97 | 2.80 | 1.43 |
| | 2.8 | 2.78 | 3.510 | 7.02 | 3.29 | 1.41 |
| 48.6 | 2.3 | 2.63 | 3.345 | 8.99 | 3.70 | 1.64 |
| | 2.8 | 3.16 | 4.029 | 10.6 | 4.36 | 1.62 |
| | 3.2 | 3.58 | 4.564 | 11.8 | 4.86 | 1.61 |
| 60.5 | 2.3 | 3.30 | 4.205 | 17.6 | 5.90 | 2.06 |
| | 3.2 | 4.52 | 5.760 | 23.7 | 7.84 | 2.03 |
| | 4.0 | 5.57 | 7.100 | 28.5 | 9.41 | 2.00 |
| 78.3 | 2.8 | 5.08 | 6.465 | 43.7 | 11.5 | 2.60 |
| | 3.2 | 5.77 | 7.349 | 49.2 | 12.9 | 2.59 |
| | 4.0 | 7.13 | 9.085 | 59.5 | 15.8 | 2.56 |
| 89.1 | 2.8 | 5.96 | 7.591 | 70.7 | 15.9 | 3.05 |
| | 3.2 | 6.78 | 8.636 | 79.8 | 17.9 | 3.04 |
| | 4.0 | 8.39 | 10.69 | 97.0 | 21.8 | 3.01 |
| 101.6 | 3.2 | 7.76 | 9.892 | 120 | 23.8 | 3.48 |
| | 4.0 | 9.63 | 12.26 | 146 | 28.8 | 3.45 |
| | 5.0 | 11.9 | 15.17 | 177 | 34.9 | 3.42 |
| 114.3 | 3.2 | 8.77 | 11.17 | 172 | 30.2 | 3.93 |
| | 3.6 | 9.83 | 12.52 | 192 | 33.6 | 3.92 |
| | 4.5 | 12.2 | 15.52 | 234 | 41.0 | 3.89 |
| | 5.6 | 15.0 | 19.12 | 283 | 49.6 | 3.85 |
| 139.8 | 3.6 | 12.1 | 15.40 | 357 | 51.1 | 4.82 |
| | 4.0 | 13.4 | 17.70 | 394 | 56.3 | 4.80 |
| | 4.5 | 15.0 | 19.13 | 438 | 62.7 | 4.79 |
| | 6.0 | 19.8 | 25.22 | 566 | 80.9 | 4.74 |
| 165.2 | 4.5 | 17.8 | 22.72 | 734 | 88.9 | 5.68 |
| | 5.0 | 19.8 | 25.16 | 808 | 97.8 | 5.67 |
| | 6.0 | 23.6 | 30.01 | 952 | 115 | 5.63 |
| | 7.0 | 27.3 | 34.79 | 109×10 | 132 | 5.60 |

# ภาคผนวก ข

## ผลการทดลอง

ตาราง ข.2 แสดงค่าการหาขนาดของเม็ดทราย

| เบอร์ของตระแกรง | opening | น้ำหนักตระแกรง (g) | น้ำหนักตระแกรง+ทราย(g) | น้ำหนักของทราย (g) | % Retain | % Parsing |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 3.35 mm | 458 | 458 | 0 | 0 | 100 |
| 12 | 1.17 mm | 410 | 466 | 56 | 56 | 44 |
| 20 | 850 $\mu$m | 386 | 428 | 42 | 42 | 2 |
| 30 | 600 $\mu$m | 360 | 360 | 0 | 0 | 2 |
| 40 | 425 $\mu$m | 336 | 336 | 0 | 0 | 2 |
| 50 | 300 $\mu$m | 336 | 336 | 0 | 0 | 2 |
| 70 | 212 $\mu$m | 328 | 328 | 0 | 0 | 2 |
| 100 | 150 $\mu$m | 310 | 310 | 0 | 0 | 2 |
| 140 | 106 $\mu$m | 308 | 308 | 0 | 0 | 2 |
| 200 | 75 $\mu$m | 302 | 304 | 2 | 2 | 0 |
| 270 | 53 $\mu$m | 304 | 304 | 0 | 0 | 0 |
| ถาด | | 282 | 282 | 0 | 0 | 0 |
| รวม | | | | 100 | 100 | |

ตาราง ข.2 แสดงผลการทดสอบหาค่าความหนืดของซีอิ้วดำ + น้ำ

| ซีอิ้วดำ | น้ำ | ความหนืด (cp) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ครั้งที่ | | | ค่าเฉลี่ย |
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 50 | 50 | 9.30 | 8.90 | 9.80 | 9.33 |
| 60 | 40 | 16.20 | 16.70 | 16.50 | 16.46 |
| 70 | 30 | 27.50 | 25.80 | 26.70 | 26.66 |
| 80 | 20 | 35.80 | 40.00 | 39.00 | 38.26 |
| 85 | 15 | 64.20 | 71.70 | 68.50 | 68.13 |
| 90 | 10 | 94.20 | 92.50 | 93.40 | 93.36 |
| 95 | 5 | 253.00 | 233.00 | 212.00 | 232.67 |

ตาราง ข.3 เปอร์เซ็นการกระจายตัวของหัวฉีด ของหัวฉีด 5 รู

| ความสูง (ซม.) | เปอร์เซ็นต์การกระจายตัว (เปอร์เซ็น) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 40 | 0.0 | 0. 7 | 2.7 | 18.2 | 58.6 | 16.4 | 2.7 | 0.7 | 0.0 |
| 50 | 0.0 | 0.5 | 2.7 | 20.8 | 48.9 | 20.4 | 5.4 | 1.1 | 0.0 |
| 60 | 0.0 | 1.0 | 4.4 | 21.3 | 46.5 | 19.9 | 5.3 | 1.6 | 0.0 |
| 70 | 1.1 | 1.7 | 5.0 | 24.5 | 45.2 | 17.3 | 2.8 | 1.4 | 1.0 |
| 80 | 1.4 | 2.3 | 9.3 | 26.7 | 35.4 | 18.0 | 4.6 | 1.516 | 0.9 |

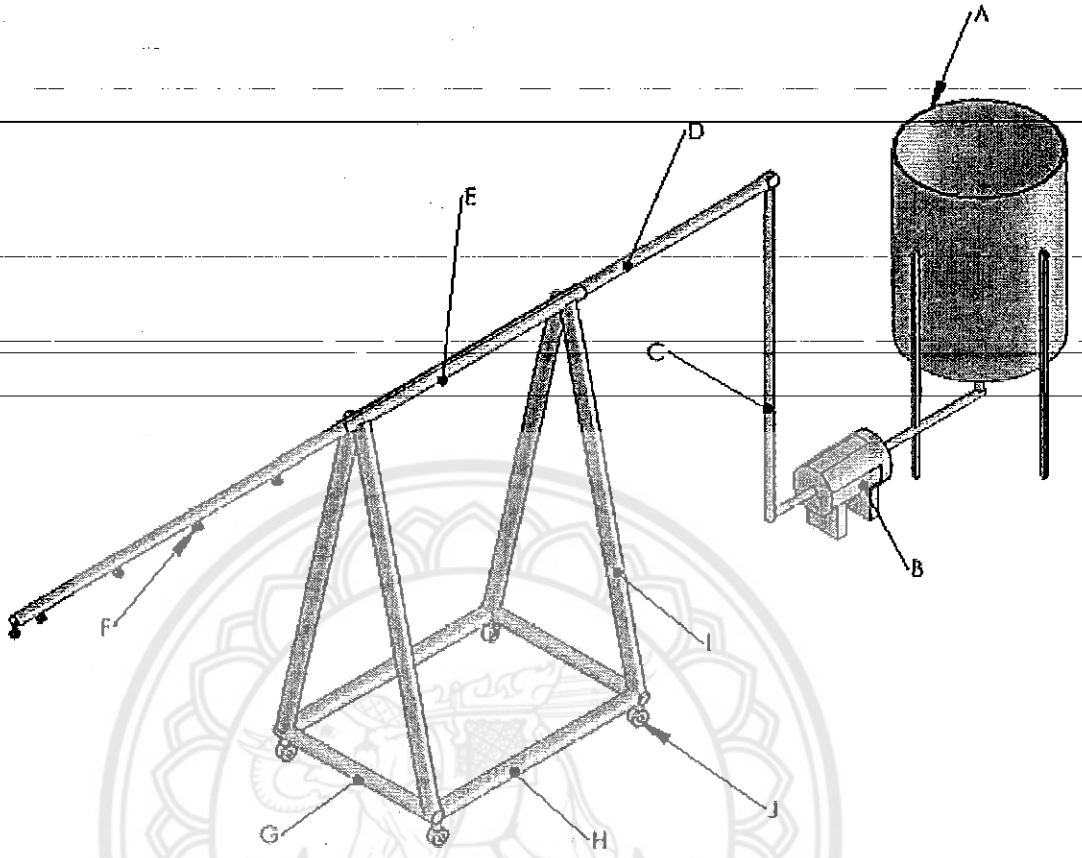
ตาราง ข.4 เปอร์เซ็นการกระจายตัวของหัวฉีด ของหัวฉีด 8 รู

| ความสูง (ซม.) | เปอร์เซ็นต์การกระจายตัว (เปอร์เซ็น) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 40 | 0.0 | 1.1 | 7.8 | 18.48 | 46.1 | 19.9 | 5.3 | 1.4 | 0 |
| 50 | 0.1 | 2.4 | 9.7 | 21.4 | 36.5 | 19.8 | 6.6 | 1.9 | 0.7 |
| 60 | 1.1 | 1.8 | 9.1 | 19.7 | 37 | 19.5 | 8.5 | 2 | 1.2 |
| 70 | 0.78 | 1.25 | 8.90 | 23.67 | 34.53 | 16.38 | 9.61 | 3.56 | 1.3 |
| 80 | 0.98 | 2.55 | 9.30 | 21.70 | 35.01 | 17.51 | 10.21 | 1.64 | 1.1 |

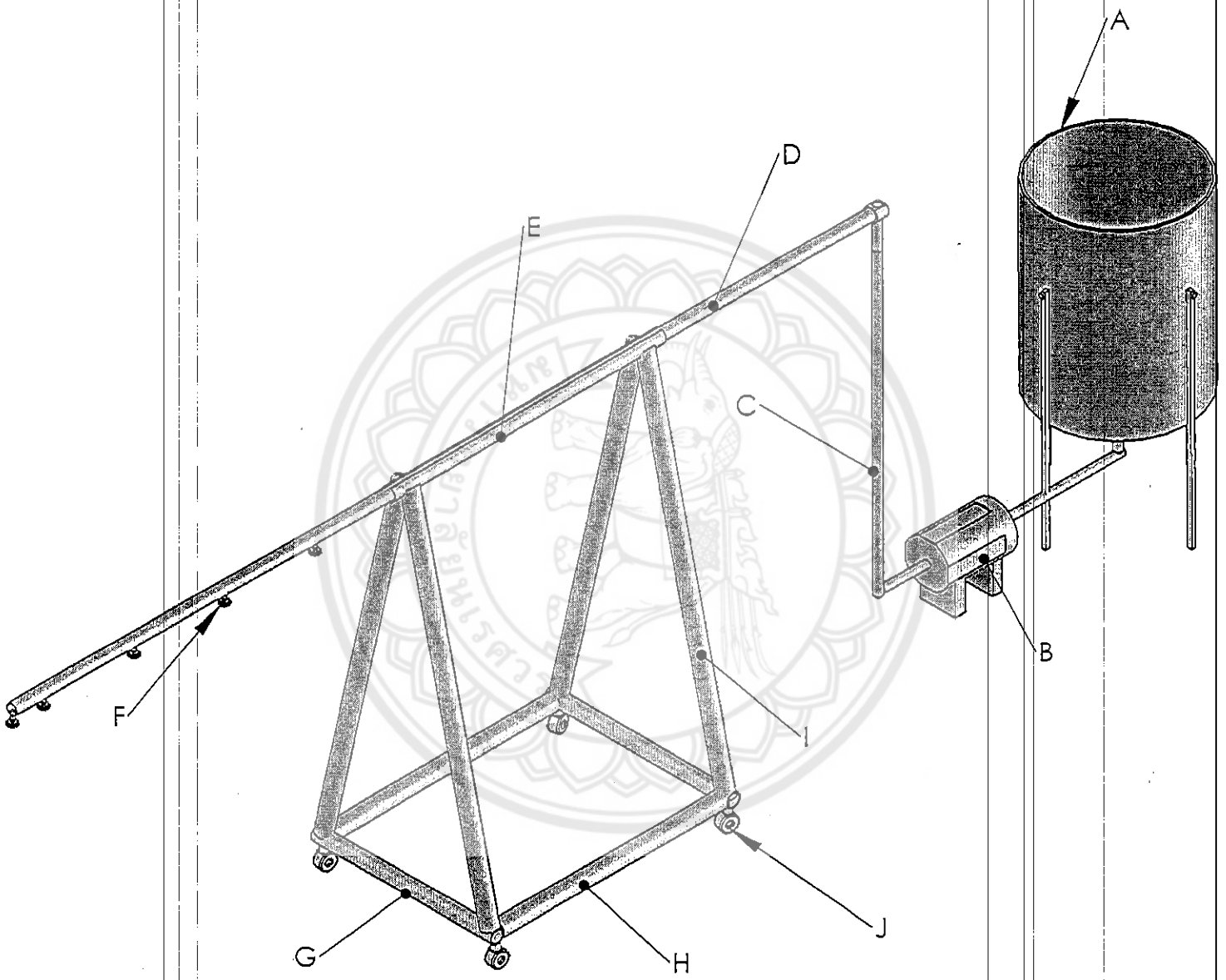
# ภาคผนวก ค

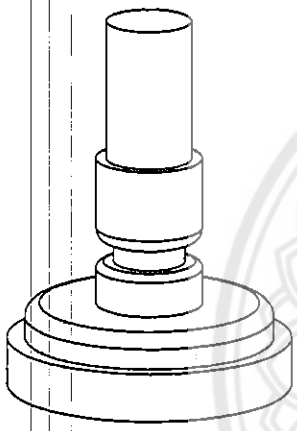
## Drawing

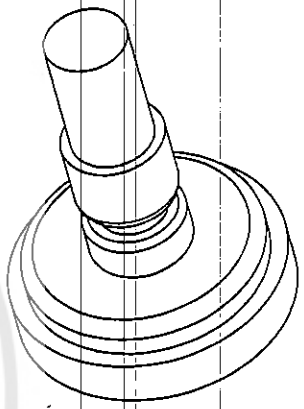
# ออกแบบเครื่องเคลือบเม็ดทราย




| PC.No | Name | Size of Material | Material |
|---|---|---|---|
| A | ถังบรรจุสารเคมี | | สเตนเลส |
| B | มอเตอร์และปั๊ม | | |
| C | สายยาง | $\phi$ 8.5 มม. | |
| D | ท่อแขนบูม | $\phi$ 0.038 ม.ยาว 3.55 ม. | สเตนเลส |
| E | ตัวรองแขนบูม | $\phi$ 0.04 ม. ยาว 1 ม. | สเตนเลส |
| F | หัวฉีด | | ทองเหลือง |
| G, H, I | โครงสร้างฐานรับแขนบูม | ยาว 1 ม. กว้าง 0.8 ม. | สเตนเลส |
| J | ล้อลาก | $\phi$ 0.1 ม. | |


A
B
C
D
E
F
G
H
I
J





| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR: | | FINISH: | | DEBUR AND BREAK SHARP EDGES | | |
| | NAME | SIGNATURE | DATE | | | |
| DRAWN | | | 29/09/07 | | | |
| CHK'D | | | | | | |
| APP'V'D | | | | | | |
| MFG | | | | | | |
| Q.A | | | | MATERIAL: | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | WEIGHT: | | |

DO NOT SCALE DRAWING | REVISION

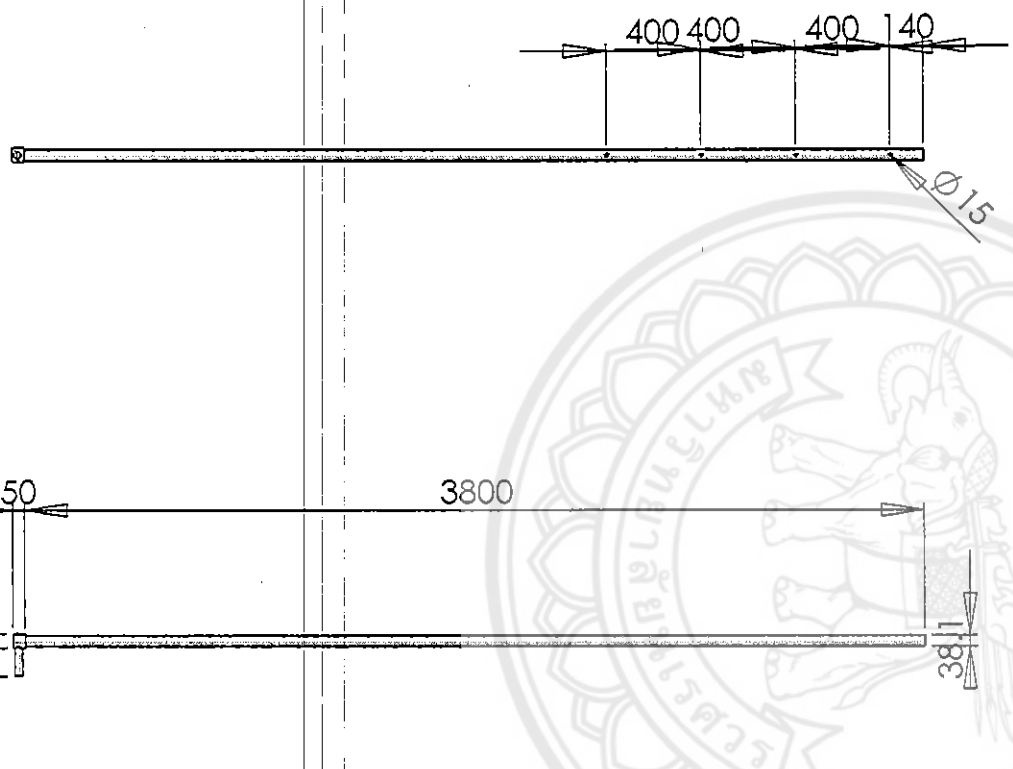
TITLE:

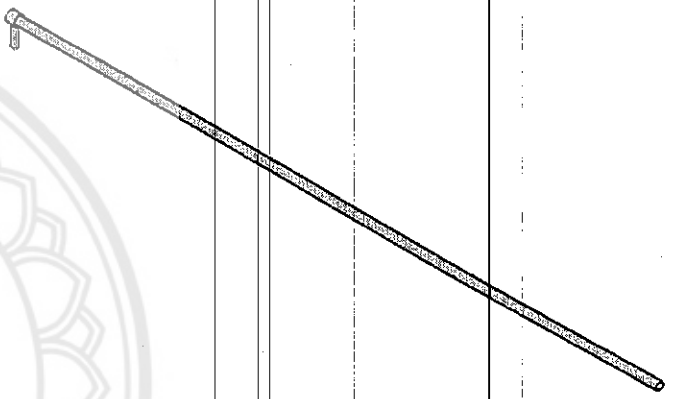
การปรับปรุงเครื่องเคลือบสาร
กำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย

DWG NO. หัวฉีด

A4

SCALE:1:1 | SHEET 1 OF 1



| | |
|---|---|
| UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR: | FINISH: |
| DEBUR AND BREAK SHARP EDGES | |
| DO NOT SCALE DRAWING | REVISION |

| | NAME | SIGNATURE | DATE |
|---|---|---|---|
| DRAWN | | | 29/09/07 |
| CHK'D | | | |
| APP'V'D | | | |
| MFG | | | |
| Q.A | | | |

MATERIAL:

WEIGHT:

TITLE:

การปรับปรุงเครื่องเคลือบสาร
กำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย

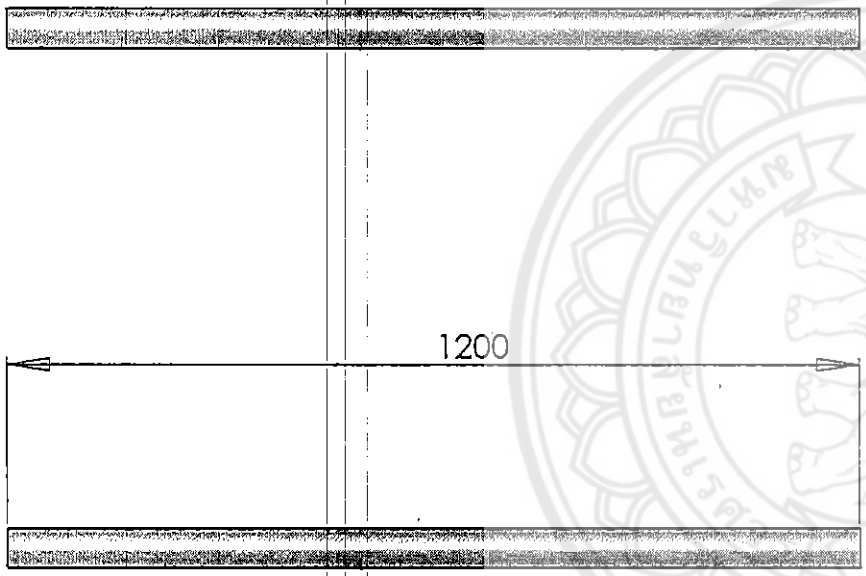
DWG NO.

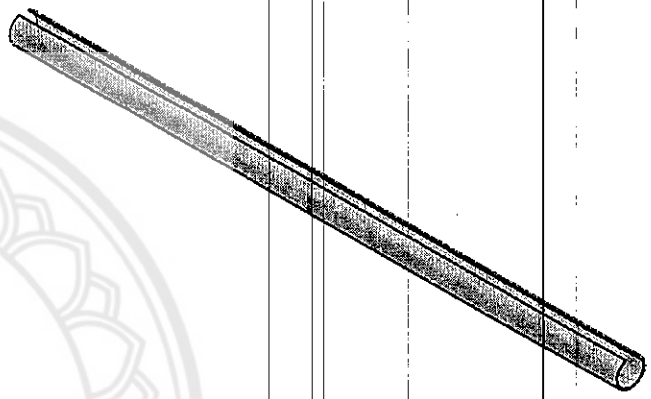
แขนบูม D

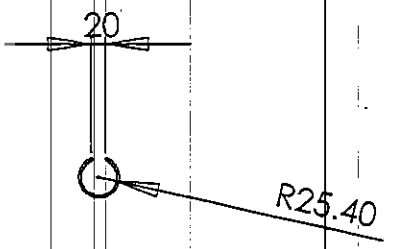
A4

SCALE: 1:50

SHEET 1 OF 1






| | | | |
|---|---|---|---|
| UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR: | FINISH: | DEBUR AND BREAK SHARP EDGES | DO NOT SCALE DRAWING / REVISION |

| | NAME | SIGNATURE | DATE |
|---|---|---|---|
| DRAWN | | | 29/09/07 |
| CHK'D | | | |
| APP'V'D | | | |
| MFG | | | |
| Q.A | | | |

MATERIAL:

WEIGHT:

TITLE:

การปรับปรุงเครื่องเคลือบสาร
กำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย

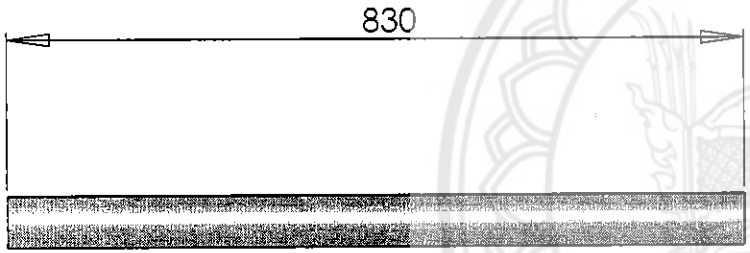
DWG NO.

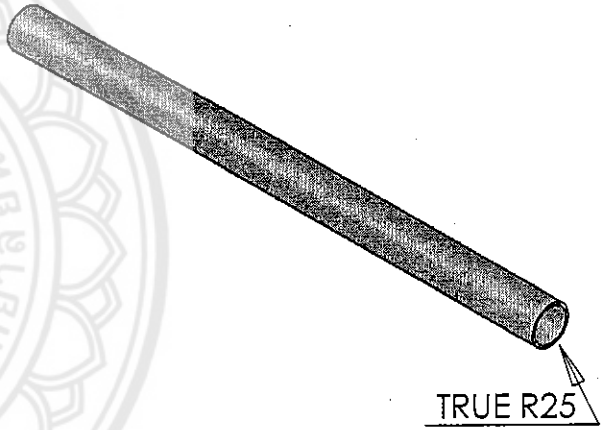
ฐานรอง E

A4

SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1




| | | |
|---|---|---|
| UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:<br>DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS<br>SURFACE FINISH:<br>TOLERANCES:<br>LINEAR:<br>ANGULAR: | FINISH: | DEBUR AND BREAK SHARP EDGES |

| | NAME | SIGNATURE | DATE |
|---|---|---|---|
| DRAWN | | | 29/09/07 |
| CHK'D | | | |
| APPV'D | | | |
| MFG | | | |
| Q.A | | | |

MATERIAL:

WEIGHT:

DO NOT SCALE DRAWING | REVISION

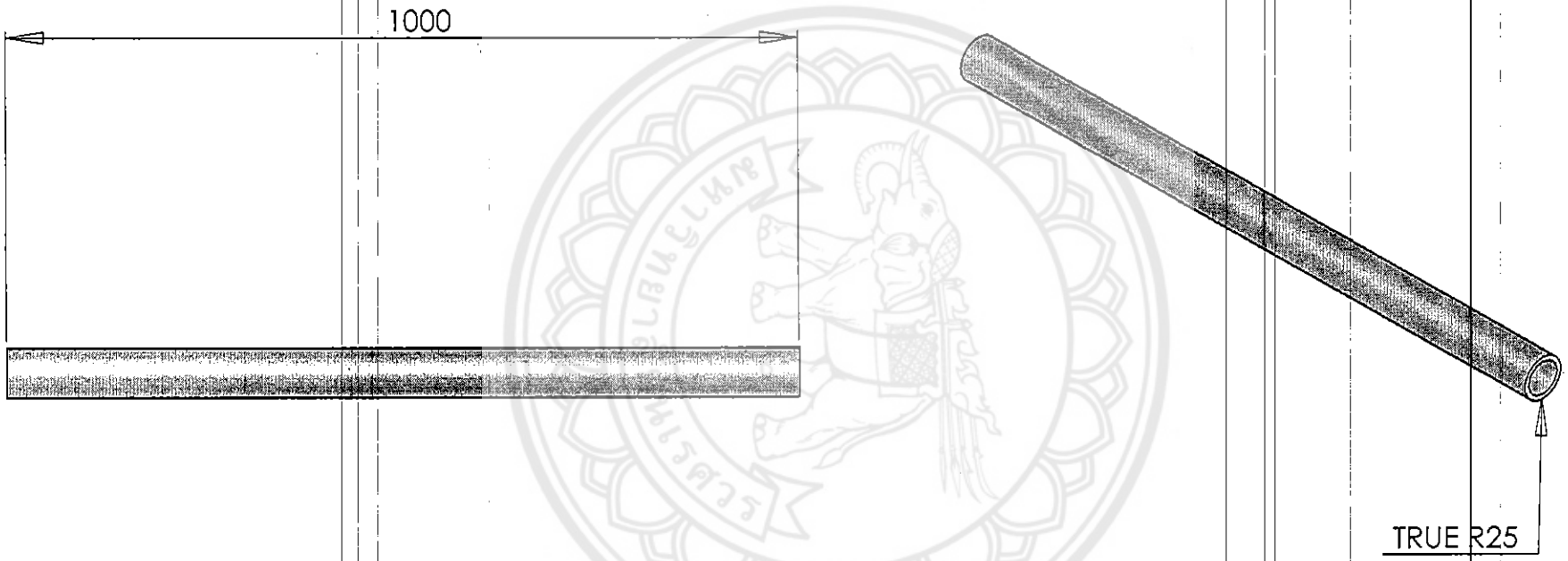
TITLE:

# การปรับปรุงเครื่องเคลือบ กำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย

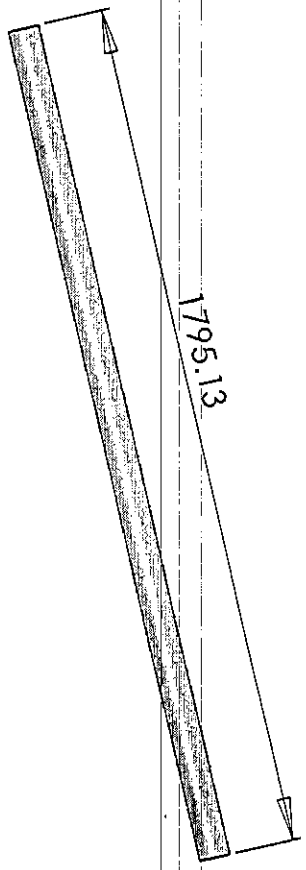
DWG NO. ขา G

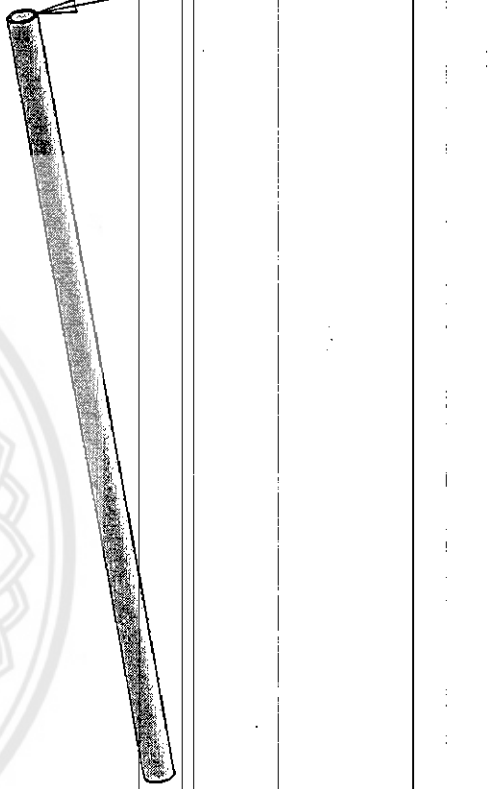
A4

SCALE:1:10 | SHEET 1 OF 1




| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:<br>DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS<br>SURFACE FINISH:<br>TOLERANCES:<br>LINEAR:<br>ANGULAR: | FINISH: | | DEBUR AND BREAK SHARP EDGES | DO NOT SCALE DRAWING | REVISION | |
| | NAME | SIGNATURE | DATE | TITLE: | การปรับปรุงเครื่องเคลือบสาร กำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย | |
| DRAWN | | | 29/09/07 | | | |
| CHK'D | | | | | | |
| APP'VD | | | | | | |
| MFG | | | | | | |
| Q.A | | | | MATERIAL: | DWG NO. ขา H | A4 |
| | | | | WEIGHT: | SCALE:1:10 | SHEET 1 OF 1 |




| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:<br>DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS<br>SURFACE FINISH:<br>TOLERANCES:<br>LINEAR:<br>ANGULAR: | | FINISH: | | | DEBUR AND BREAK SHARP EDGES | |
| | NAME | SIGNATURE | DATE | | | |
| DRAWN | | | 29/09/07 | | | |
| CHK'D | | | | | | |
| APPV'D | | | | | | |
| MFG | | | | | | |
| Q.A | | | | MATERIAL: | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | WEIGHT: | | |

| | |
|---|---|
| DO NOT SCALE DRAWING | REVISION |
| TITLE: | การปรับปรุงเครื่องเคลือบสาร<br>กำจัดศัตรูพืชบนเม็ดทราย |
| DWG NO. | ขา I |
| | A4 |
| SCALE:1:50 | SHEET 1 OF 1 |

# ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

## นายจตุพงษ์ พรมเสน

1. ประวัติส่วนตัว

เกิดวันที่ 19 มีนาคม 2528

ที่อยู่ 201 หมู่ 10 ต.ภูซาง อ. ภูซาง จ.พะเยา 56110

E-mail hotimm@hotmail.com โทรศัพท์ 0819717192

2. ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนชุมชนบ้านหนองเลา กิ่งอำเภอภูซาง จ.พะเยา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเชียงคำวิทยาคม อ.เชียงคำ จ.พะเยา

## นางสาวกิตติดารา มาลัยกูล

1. ประวัติส่วนตัว

เกิดวันที่ 6 มีนาคม 2527

ที่อยู่ 283 หมู่ 11 ถ.จามเทวี ต.ต้นธง อ.เมือง จ.ลำพูน 51000

E-mail meg.engineer@hotmail.com โทรศัพท์ 083-213-6436

2. ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ลำพูน อ.เมือง จ.ลำพูน

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ลำพูน อ.เมือง จ.ลำพูน

## นางสาวรัตนา ดอกแก้ว

1. ประวัติส่วนตัว

เกิดวันที่ 3 กันยายน 2528

ที่อยู่ 85 หมู่ 4 ต.บ้านเนิน อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์ 67120

E-mail Heineken_leo@hotmail.com โทรศัพท์ 086-115-0398

2. ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม อ. หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์