

การศึกษาเปรียบเทียบการผลิตถังพลาสติกเสริมแรงโดยกระบวนการผลิตต่าง ๆ



นายกฤษฎา เย็นบุตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-686-5

008989

115065583.

A COMPARATIVE STUDY OF MANUFACTURING OF REINFORCED  
PLASTICS CONTAINER BY VARIOUS PROCESSES

MR. KRISDA YENBUTR

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate school

Chulalongkorn University

1985

ISBN 974-564-686-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเปรียบเทียบการผลิตถังพลาสติกเสริมแรงโดยกระบวนการผลิตต่าง ๆ

โดย นาย กฤษฎา เย็นบุตร  
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ช่อม มลิลลา  
อาจารย์ที่ปรึกษารวม ดร. สุรเดช จันทรานุรักษ์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

*Signature of Dean*

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประทีฐ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

*Signature of Chair*

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร ศัตหสุทธิ์)

*Signature of Member*

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ช่อม มลิลลา)

*Signature of Member*

กรรมการ

(ดร. สุรเดช จันทรานุรักษ์)

*Signature of Member*

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกสีก)

*Signature of Member*

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....                                  | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....                               | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ .....                                  | ฉ    |
| รายการตารางประกอบ .....                                | ช    |
| รายการรูปประกอบ .....                                  | ฅ    |
| บทที่ 1 บทนำ .....                                     | 1    |
| วัตถุประสงค์ .....                                     | 2    |
| แนวความคิด .....                                       | 2    |
| ความสำคัญ หรือ ประโยชน์ .....                          | 2    |
| ขั้นตอน และวิธีดำเนินการวิจัย .....                    | 3    |
| การค้นคว้าที่เกี่ยวข้อง .....                          | 3    |
| บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติกเสริมแรง       |      |
| บทนำ .....   | 5    |
| พลาสติกเสริมแรงคืออะไร .....                           | 5    |
| ข้อดีของพลาสติกเสริมแรง .....                          | 6    |
| ข้อเสียของพลาสติกเสริมแรง .....                        | 6    |
| ข้อควรพิจารณาเกี่ยวกับพลาสติกเสริมแรง .....            | 6    |
| พลาสติกเสริมแรงที่ใช้ในงานในด้านต่าง ๆ .....           | 7    |
| เรซินสำหรับพลาสติกเสริมแรง .....                       | 8    |
| โพลีเอสเตอร์ชนิดไม่อิ่มตัว .....                       | 12   |
| วัสดุเสริมแรง .....                                    | 19   |
| วัสดุอื่น ๆ ในงานพลาสติกเสริมแรง .....                 | 27   |
| หลักที่ควรคำนึงเมื่อใช้พลาสติกเสริมแรงด้วยใยแก้ว ..... | 28   |
| อันตรายจากพลาสติก .....                                | 32   |



|         |   |     |
|---------|---|-----|
| บทที่ 3 | ขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรง                                      |     |
|         | ขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรงประเภทแม่แบบเปิด .....                | 35  |
|         | ขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรงประเภทแม่แบบปิด .....                 | 38  |
|         | ขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรงแบบอื่น ๆ .....                       | 41  |
| บทที่ 4 | การออกแบบถังพลาสติกเสริมแรง                                     |     |
|         | ปัจจัยที่ต้องพิจารณากำหนดไว้วงหน้า .....                        | 47  |
|         | การออกแบบถังพลาสติกเสริมแรง .....                               | 49  |
|         | การเปรียบเทียบข้อมูลของถัง .....                                | 60  |
|         | การพิจารณาถึงปัจจัยอื่นในการออกแบบถัง .....                     | 62  |
|         | การตัดสินใจเลือกรูปทรงถัง .....                                 | 67  |
| บทที่ 5 | การเลือกขบวนการผลิตที่เหมาะสม                                   |     |
|         | ขบวนการผลิต hand lay-up .....                                   | 70  |
|         | ขบวนการผลิต spray-up .....                                      | 75  |
|         | ขบวนการผลิต cold press .....                                    | 78  |
|         | ขบวนการผลิต hot press .....                                     | 80  |
|         | แม่แบบของขบวนการผลิต .....                                      | 82  |
|         | การวิเคราะห์หาจำนวนการผลิตที่เหมาะสมกับการผลิตแต่ละประเภท ..... | 83  |
| บทที่ 6 | สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ                                     |     |
|         | สรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบ .....                          | 86  |
|         | การเลือกขบวนการผลิตที่เหมาะสม .....                             | 87  |
|         | ข้อเสนอแนะ .....  | 87  |
|         | บรรณานุกรม .....  | 89  |
|         | ภาคผนวก .....   | 90  |
|         | ประวัติผู้เขียน .....   | 132 |

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาเปรียบเทียบการผลิตดั่งพลาสติกเสริมแรงโดยกระบวนการผลิตต่าง ๆ

ชื่อนิสิต

นาย กฤษฎา เย็นบุตร

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ช่อม มลิลลา

อาจารย์ที่ปรึกษารวม

ดร. สุรเดช จันทรานุกรม

ภาควิชา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา

2527



บทคัดย่อ

ถึงแม้ผลิตภัณฑ์จากพลาสติกเสริมแรงจะไม่ใช้สิ่งใหม่ แต่ก็ยังไม่เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายในประเทศไทยนัก พลาสติกส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะเป็นพลาสติกที่ไม่มีวัสดุเสริมแรง

การผลิตพลาสติกเสริมแรงต้องมีความรู้เกี่ยวกับวัตถุดิบ คือ เรซิน และวัสดุเสริมแรง การแข็งตัวของเรซิน โดยต้องเลือกให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ในขั้นตอนของการออกแบบผลิตภัณฑ์ ต้องออกแบบให้สามารถใช้ข้อได้เปรียบของพลาสติกเสริมแรงให้มากที่สุด

เมื่อได้แบบของชิ้นงานแล้ว จึงพิจารณาเลือกขบวนการผลิตที่เหมาะสม กับปริมาณความต้องการในผลิตภัณฑ์นั้น

ผลจากการเลือกออกแบบด้วยพลาสติกเสริมแรง หาปริมาณวัตถุดิบที่จะใช้ และราคาของวัตถุดิบนั้นในแต่ขบวนการผลิต พร้อมกับหาต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรอื่น ๆ นำมาช่วยในการตัดสินใจเลือกขบวนการผลิตที่เหมาะสมกับปริมาณความต้องการของผลิตภัณฑ์นั้น ได้ผลว่า เมื่อปริมาณความต้องการน้อย ไม่เกิน 109 ชิ้น ต่อเดือน ควรใช้ขบวนการผลิตแบบ hand lay-up ถ้าปริมาณความต้องการเกินกว่า 109 ชิ้น ขึ้นไป ก็เป็นการเลือกกระหว่างขบวนการผลิตอีกสามแบบคือ spray-up, cold press และ hot press เปรียบเทียบกับ hand lay-up คือ เมื่อความต้องการอยู่ในช่วง 109 ชิ้น และ 1594 ชิ้น ควรเลือกขบวนการ spray-up ถ้าอยู่ในช่วง 1594 ชิ้นถึง 2368 ชิ้น ควรเลือกขบวนการ cold press ถ้าเกินกว่า 2368 ชิ้นขึ้นไป ก็ใช้ขบวนการ hot press

โดยสรุป การเลือกขบวนการผลิตใด ขึ้นอยู่กับความแม่นยำของตัวเลขที่หามาได้

Thesis Title            A Comparative Study Of Manufacturing Of Rein-  
forced Plastics Container By Various Processes  
Name                    Mr. Krisda Yenbutr  
Thesis Advisor         Associate Professor Cha-um Malila  
Thesis Co-Advisor     Dr. Suradej Chuntranuluck  
Academic               1984

#### ABSTRACT

Reinforced plastics products have been developed for years but they still are not very well known in Thailand. Most of plastics products being produced in our country are not reinforced plastics.

To produce a reinforced plastics product, there are factors to be considered, such as the properties of raw materials, resins and reinforcing materials, the curing characteristics of resins, and the advantages of using reinforced plastics at the designing step.

When the products are designed, they can be produced using various manufacturing processes.

The purpose of this thesis is to study various manufacturing processes of the vertical cylindrical reinforced plastics container of which the volume is 1 cubic meter. Unsaturated polyester is used as a resin, and fibreglass as a reinforcing material.

Comparing the production direct costs, the hand lay-up process will be used if the demand of product is up to 109 units, in between 109 and 1594 units the spray-up process is advised. From 1594 up to 2368 units, the cold press process should be selected. The hot press process is recommended if the demand is over 2368 units.

The results of comparative study of various manufacturing processes significantly depend on the accuracy of the cost figures.



### กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจาก  
รองศาสตราจารย์ ช่อม มลิลลา และ ดร.สุรเดช จันทรานุรักษ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ  
คำปรึกษา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ปริทรรศน์ พันธุ์รียงกัที่ได้ให้คำแนะนำ  
อันเป็นประโยชน์บางประการ คุณลินดา เลิศศรีจตุพร ที่ได้ช่วยเหลือในงานวิจัยนี้สำเร็จ  
มาได้ และเพื่อน ๆ ที่ได้ช่วยเหลือผลักดันให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ในที่สุด



รายการตารางประกอบ

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| 2.1 คุณสมบัติทางกลบางอย่างของเรซินชนิดเทอร์โมเซตติง เทอร์โมพลาสติก และ<br>วัสดุบางชนิด .....           | 11   |
| 2.2 แสดงวัตถุดิบที่นำมาผลิตโพลีเอสเตอร์เรซิน .....   | 13   |
| 2.3 แสดงคุณสมบัติของโพลีเอสเตอร์เรซินที่ผลิตจากวัตถุดิบต่างชนิดกัน .....                               | 15   |
| 2.4 คุณสมบัติทางกลของเส้นใยอินทรีย์ .....  | 20   |
| 2.5 คุณสมบัติทางกลของเส้นใยอนินทรีย์ .....   | 20   |
| 2.6 ส่วนประกอบของแก้วชนิดต่าง ๆ .....  | 22   |
| 3.1 เปรียบเทียบขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรงแบบต่าง ๆ .....   | 46   |
| 4.1 ดึงเก็บน้ำชนิดต่าง ๆ ขนาด รูปทรง และราคา .....   | 50   |
| 4.2 คุณสมบัติทางกลตามมาตรฐาน NBS PS 15-69 ของพลาสติกเสริมแรง .....                                     | 51   |
| 4.3 คุณสมบัติทางกลตามตารางที่ 4.2 แต่แปลงหน่วยจากนิ้วเป็นมิลลิเมตร และ<br>psi เป็น ksc .....           | 51   |
| 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแผ่นแบนที่มีคานทั้งสี่ยึดแน่น (fixed) และมีแรงกระทำ<br>สม่ำเสมอทั้งแผ่น ..... | 56   |
| 4.5 เปรียบเทียบข้อมูลจากการออกแบบถังเหลี่ยม ถังทรงกระบอกตั้ง และถังกลม ที่<br>ความจุ 1050 ลิตร .....   | 60   |
| 4.6 กฎเกณฑ์ในการออกแบบชิ้นงานสำหรับพลาสติกเสริมแรงในขบวนการผลิตต่าง ๆ                                  | 63   |
| 5.1 รายการอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับขบวนการผลิตประเภท hand lay-up .....                                   | 71   |
| 5.2 การคำนวณวัสดุและต้นทุน ที่ใช้ในขบวนการผลิตแบบ hand lay-up .....                                    | 72   |
| 5.3 กำลังคนงานสำหรับสายการผลิต hand lay-up .....   | 74   |
| 5.4 ปริมาณวัตถุดิบในการผลิตถังทรงกระบอก 1 ใบ ในขบวนการ spray-up ..                                     | 75   |
| 5.5 กำลังคนของสายการผลิต spray-up .....  | 77   |
| 5.6 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับขบวนการผลิต cold press .....   | 78   |
| 5.7 กำลังคนของสายการผลิต cold press .....  | 80   |
| 5.8 อุปกรณ์เครื่องมือสำหรับขบวนการผลิต hot press เพิ่มเติมจากตารางที่ 5.6                              | 80   |
| 5.9 กำลังคนของสายการผลิต hot press .....   | 81   |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 5.10 | สรุปค่าอุปกรณ์เครื่องมือ จำนวนคน กำลังการผลิต พร้อมทั้งแบ่งค่าแรงเข้า<br>ชิ้นงาน ในขบวนการผลิตทั้ง 4 แบบ ..... | 82 |
| 5.11 | ราคาแม่แบบโดยประมาณสำหรับขบวนการผลิตต่าง ๆ และอายุของแม่แบบ ..   | 83 |
| 5.12 | สรุปต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปร .....  | 84 |
| 6.1  | สรุปผลของการเลือกรูปทรงตั้งที่ความจุเท่ากัน .....  | 86 |
| 6.2  | สรุปต้นทุนผันแปรและคงที่ของขบวนการผลิตต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรมทาง<br>spread sheet .....                            | 88 |

รายการรูปประกอบ

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 2.1 แสดงประเภทของพลาสติก การเสริมแรง และ ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ในแต่<br>ละประเภท .....                 | 10   |
| 2.2 แสดงแหล่งที่มาของวัตถุดิบที่นำมาผลิตโพลีเอสเตอร์เรซิน .....                                      | 14   |
| 2.3 โครงสร้างของโพลีเอสเตอร์ เมื่อรวมกับโมโนเมอร์ก่อนและหลังการแข็งตัว .                             | 16   |
| 2.4 รูปแบบการผลิตโพลีเอสเตอร์เรซิน .....   | 17   |
| 2.5 แสดงผังการแข็งตัวของโพลีเอสเตอร์เรซิน และคุณสมบัติที่ตองสนใจทั้งของวัตถุ<br>ดิบ และชิ้นงาน ..... | 18   |
| 2.6 ขบวนการผลิตใยแก้วชนิดต่าง ๆ .....  | 24   |
| 2.7 ใยแก้วชนิดต่าง ๆ .....   | 25   |
| 2.8 ใยแก้วชนิดต่าง ๆ .....   | 26   |
| 2.9 แสดงทิศทางการวางตัวของเส้นใยแก้ว .....   | 29   |
| 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณใยแก้วกับความแข็งแรง .....   | 29   |
| 3.1 ขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรงแบบต่าง ๆ .....  | 40   |
| 3.2 ขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรงแบบต่าง ๆ .....  | 44   |
| 4.1 รูปทรงเรขาคณิตของถัง .....   | 61   |
| 4.2 แบบของถังทรงกระบอกและทรงกลมอย่างสังเขป .....   | 65   |
| 4.3 แบบของถังทรงกระบอก (ควัดัง) .....  | 68   |
| 4.4 แบบฝาของถังทรงกระบอก .....   | 69   |
| 5.1 ผังโรงงานสำหรับขบวนการผลิตแบบ hand lay-up .....  | 73   |
| 5.2 การวางผังโรงงานสำหรับขบวนการผลิตแบบ spray-up .....   | 76   |
| 5.3 การวางผังโรงงานสำหรับขบวนการผลิตประเภทใช้แรงกด .....   | 79   |
| 5.4 กราฟเส้นตรงที่เขียนจากสมการ (5.1) (5.2) (5.3) และ<br>(5.4) .....                                 | 85   |