

การศึกษาคุณสมบัติทางกลของพลาสติก เสริมปอ



นาย ชัยณรงค์ โพธิ์สุข

007183

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-450-5

1 15503695

A STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF JUTE REINFORCED PLASTIC

Mr. Chainarong Posuk

A thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

Thesis                    A Study of the Mechanical Properties of Jute  
                                 Reinforced Plastic  
By                            Mr. Chainarong Posuk  
Department                Mechanical Engineering  
Thesis Advisor            Dr. Suradej Chuntranuluck  
Thesis Co-advisor        Associate Professor Variddhi Ungbhakorn, Ph.D.

---

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University  
in partial fulfillment of the requirements for the Master's degree.

*S. Bunnag*  
.....Dean of Graduate School

(Associate Professor Supradit Bunnag, Ph.D.)

*Withaya Yongchareon* .....Chairman

(Associate Professor Withaya Yongchareon, Ph.D.)

*Suradej*  
.....Member

(Dr. Suradej Chuntranuluck)

*Variddhi Ungbhakorn* .....Member

(Associate Professor Variddhi Ungbhakorn, Ph.D.)

*Kaukeart Boonchukosol* .....Member

(Assistant Professor Kaukeart Boonchukosol, Ph.D.)

หัวข้อวิทยานิพนธ์                      การศึกษาคุณสมบัติทางกลของพลาสติก เสริมพอ  
ที่อนินิติก                                    นายชัชวรงค์   โปธิ์สุข  
อาจารย์ที่ปรึกษา                          ดร.สุรเดช   จันทรานุกรักษ์  
ภาควิชา                                        วิศวกรรม เครื่องกล  
ปีการศึกษา                                  2524



บทคัดย่อ

พลาสติกเป็นรองวัสดุพวกโลหะด้านความแข็งแรง การปรับปรุงทางด้าน  
การเสริมความแข็งแรงของพลาสติกให้ใช้งานได้ทัดเทียมกับโลหะนั้น ทำได้โดยการ  
ใช้วัสดุซึ่งมีคุณสมบัติทั้งอ่อนและเหนียวเสริม เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เรียกว่าพลาสติก  
เสริมกำลัง ในที่นี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาการนำเอาขอยาเสริมพลาสติก เพื่อ  
ใช้ในงานด้านวิศวกรรม โดยศึกษาคุณสมบัติทางกลของพลาสติกเสริมพอ และคุณ-  
สมบัติในด้านอื่น ๆ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการใช้ขอยาเสริม

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนแรก ได้ทดลองหาค่า Tensile strength, Young's modulus,  
Flexural strength, Flexural modulus, coefficient of thermal  
conductivity, Poisson's ratio, และ Specific gravity ของ  
วัสดุ 3 ชนิด คือ พลาสติกบริสุทธิ์, พลาสติกเสริมใยแก้ว และพลาสติกเสริมพอ  
ผลการทดลองทราบว่า ค่าแรงดึงของพลาสติกเสริมพอ มีค่าต่ำกว่าพลาสติก  
บริสุทธิ์ ที่ไม่ได้เสริมแรงด้วยวัสดุใดเลย และค่าน้อยกว่าพลาสติกเสริมใยแก้ว

ส่วนที่สอง เป็นการทดลองเพื่อพิจารณาค่าความเค้นที่จุดต่าง ๆ โดยรอบ  
ถึงทรงกระบอกปิดหัวท้ายด้วยครึ่งทรงกลม ซึ่งทำด้วยพลาสติกเสริมพอและพลาสติก

เสริมใยแก้ว เื่อมีแรงมากกระทำภายในถังด้วยการอัดอากาศโดยการวัดค่าStrain ที่เกิดขึ้นด้วยการติด Strain cage รอบ ๆ ถัง จากการทดลองพบว่า เื่อ ความดันภายในถังเพิ่มขึ้น อัตราการเพิ่มของค่าความเค้นโดยรอบถังของถังที่ทำด้วย พลาสติกเสริมใยแก้ว มีค่ามากกว่า พลาสติกเสริมใยประมาณ 1.6 เท่า เื่อ ทิจารณาความสามารถในการรับแรงอัดอากาศภายในถัง ระหว่างพลาสติกเสริมใยแก้ว กับพลาสติกเสริมใย เื่อนนำมาทำเป็นถังทรงกระบอกปิดหัวท้ายด้วยครึ่งทรงกลมที่มี ขนาดเท่ากัน และความหนาใกล้เคียงกัน ถังที่ทำด้วยพลาสติกเสริมใยแก้ว จะรับ แรงอัดอากาศได้มากกว่าพลาสติกเสริมใย ประมาณ 3 เท่า

**Thesis Title**            A Study of the Mechanical Properties  
   of Jute Reinforced Plastic

**Name**                        Mr. Chainarong Posuk

**Thesis Advisor**        Dr. Suradej Chuntranuluck

**Department**            Mechanical Engineering

**Academic Year**        1981



**Abstract**

Plastic has been inferior to metallic materials in terms of strength. The strength of plastic can be increased to the strength of metallic materials by reinforcing plastic homogeneously with specific material which have both softness and toughness quality. The purpose of this study was to introduce jute for reinforcing plastic including investigating the mechanical properties and other engineering qualities of jute reinforced plastic.

This experiment was divided into 2 parts.

First part was to test tensile strength, Young's modulus, flexural strength, flexural modulus, coefficient of thermal conductivity, Poisson's ratio, and specific gravity of 3 kinds of plastic: pure plastic, glass fibre reinforced plastic and jute reinforced plastic. From the experiment

tensile strength of jute reinforced plastic was lower than tensile strength of pure plastic which was not reinforced by any material and lower than tensile strength of glass fibre reinforced plastic.

In second part the experiment was conducted to find strain resulting from internal force of pressurized air at different spot on the surface of cylindrical tanks with hemispherical ends. These tanks were made of jute reinforced plastic and glass fibre reinforced plastic. Strain measurement was done by employing strain gage. It was found from the experiment that increasing rate of stress of glass fibre reinforced plastic tank was 1.6 times higher than that of jute reinforced plastic tank. It could be concluded that glass fibre reinforced plastic tank can stand air pressure 3 times higher than jute reinforced plastic tank.

## ACKNOWLEDGEMENT



The author wishes to thank Dr. Suradej Chuntranuluck for the supervision, giving valuable guidance, many helpful discussions, and the corrections of English.

He also thanks Dr. Withaya Youngchareon for suggestion about instruments, Laem Thong Industry Co. Ltd. for producing Jute which have exact weight per unit area, Premier Product Co. Ltd. for material to make test specimens, Assign Co. Ltd. for material to make test models, and also Thai Famer Bank for scholarship for this thesis.



TABLE OF CONTENTS

CHAPTER	TITLE	PAGE
	Title page .....	i
	Thesis Approval .....	ii
	Abstract in Thai .....	iii
	Abstract in English .....	v
	Acknowledgement .....	vii
	Table of Contents .....	viii
	List of Tables .....	x
	List of Figures .....	xii
	List of Symbols and Abbreviations .....	xv
I	INTRODUCTION .....	1
II	THEORY .....	4
III	EXPERIMENTAL WORK .....	7
	3.1 Objective .....	8
	3.2 Test Specimens .....	9
	3.3 Test Models .....	15
	3.4 Equipments .....	16
	3.5 Calibration of Measuring Equipments .....	23
	Testing Machine Calibration .....	23
	3.6 Experimental Program .....	31
IV	EXPERIMENTAL RESULTS .....	35
V	DISCUSSION AND CONCLUSION .....	39



CHAPTER	TITLE	PAGE
APPENDIX		
Appendix I	Strain Gage Technique.....	50
Appendix II	Stress Analysis.....	56
Appendix III	Sample of Calculations.....	61
Appendix IV	Table of Data and Results.....	69
FIGURES.....		165
REFERENCES.....		185
VITA .....		186

## LIST OF TABLES

Table		Page
3-1	THICKNESS OF TEST SPECIMENS	9
3-2	DIMENSIONS OF FLEXURAL TEST SPECIMENS	12
3-3	THE CALIBRATION OF "AVERY" TESTING MACHINE CAPACITY 15,000 lb, LOAD RANGE 0-3,000 lb AGAINST STANDARD PROVING RING NO. 56180	29
3-4	DATA FOR CALIBRATED TESTING MACHINE BY STANDARD WEIGHT RANGE 300 lb.	30
4-1	RESULTS OF AVERAGE MECHANICAL PROPERTIES OF PLASTIC	38
A-1	DATA AND RESULTS OF TENSILE STRENGTH	70
A-2	DATA AND RESULTS OF YOUNG'S MODULUS	88
A-3	DATA AND RESULTS OF FLEXURAL PROPERTIES	106
A-4	DATA AND RESULTS OF COEFFICIENT OF THERMAL CONDUCTIVITY	124
A-5	DATA AND RESULTS OF SPECIFIC GRAVITY	125
A-6	DATA AND RESULTS OF POISSON'S RATIO	143
A-7	LONGITUDINAL STRESSES UNDER INTERNAL PRESSURE (for cylindrical tank with hemispherical ends made of GRP)	159
A-8	LONGITUDINAL STRESSES UNDER INTERNAL PRESSURE (For cylindrical tank with hemispherical ends made of JRP)	161

Table	Page
A-9 HOOP STRESSES UNDER INTERNAL PRESSURE (For cylindrical tank with hemispherical ends made of GRP)	163
A-10 HOOP STRESSES UNDER INTERNAL PRESSURE (For cylindrical tank with hemispherical ends made of JRP)	164

## LIST OF FIGURES

Figure		Page
2-1	DIAGRAMMATIC REPRESENTATION OF A UNIDIRECTIONAL LAMINATE	4
3-1	JUTE CONSTRUCTION	10
3-2	DIMENSIONS OF TENSILE TEST SPECIMENS	11
3-3	FLEXURAL TEST SPECIMEN SUBJECTED TO LOAD	11
3-4	DIMENSIONS OF COEFFICIENT OF THERMAL CONDUCTIVITY TEST SPECIMENS	13
3-5	DIMENSIONS OF POISSON'S. RATIO TEST SPECIMENS	13
3-6	DIMENSIONS OF SPECIFIC GRAVITY TEST SPECIMENS	14
3-7	DIMENSIONS OF TEST MODEL	15
3-8	COMPRESSION TYPE PROVING RING WITH CALIBRATING REED	25
3-9	PROVING RING SUBJECTED TO LOAD	28
A-1	GAGE CONSTRUCTION (TYPE KFC-1-C1-11)	50
A-2	STRESS ANALYSIS BY ROSETTE GAGE (TYPE KFC-2-C17-11)	57
A-3	ROSETTE GAGE (TYPE KFC-2-D4-11)	59
A-4	THE GENERAL CASE OF PLANE STRESS AND MOHR'S CIRCLE	67
A-5	CALIBRATION CURVE OF PROVING RING NO. 56180	165
A-6	CALIBRATION CURVE OF "AVERY" TESTING MACHINE NO. E 66110 CAPACITY 15,000 lb (6,000 kg)	166

Figure		Page
A-7	CALIBRATION CURVE OF "AVERY" TESTING MACHINE NO. E 66110 CAPACITY 15,000 lb (6,000 kg) LOAD RANGE 0-300 lb (0-136 kg)	167
A-8	PLOT OF AVERAGE STRAINS VERSUS LOAD FOR DETERMINATION OF POISSON'S RATIO (PURE PLASTIC)	168
A-9	STRESS-STRAIN CURVE (PURE PLASTIC)	168
A-10	HOOP STRESSES UNDER INTERNAL PRESSURE (For Cylindrical tank with hemispherical ends made of GRP)	169
A-11	HOOP STRESSES UNDER INTERNAL PRESSURE (For Cylindrical tank with hemispherical ends made of JRP)	169
A-12	LONGITUDINAL STRESSES UNDER INTERNAL PRESSURE (For Cylindrical tank with hemispherical ends made of GRP)	170
A-13	LONGITUDINAL STRESSES UNDER INTERNAL PRESSURE (For Cylindrical tank with hemispherical ends made of JRP)	170
A-14	LONGITUDINAL STRESSES DISTRIBUTED AROUND A GRP CYLINDRICAL TANK WITH HEMISPHERICAL ENDS	171
A-15	LONGITUDINAL STRESSES DISTRIBUTED AROUND A JRP CYLINDRICAL TANK WITH HEMISPHERICAL ENDS	172
A-16	HOOP STRESSES DISTRIBUTED AROUND A GRP CYLINDRICAL TANK WITH HEMISPHERICAL ENDS	173

Figure		Page
A-17	HOOP STRESSES DISTRIBUTED AROUND A JRP CYLINDRICAL TANK WITH HEMISPHERICAL ENDS	174
A-18	RELATION BETWEEN INDICATED LOAD AND ELONGATION	175
A-19	RELATION BETWEEN INDICATED LOAD AND DEFLECTION	175
A-20	PROVING RING NO. 56180	176
A-21	LOADING NOSE AND SUPPORTS	176
A-22	TEST SPECIMENS	177
A-23	STRAIN GAGE BRIDGE MODEL SD-520A	177
A-24	AUTOMATIC SCANNING BOX TYPE ASB-55E	178
A-25	DUMMY GAGE	178
A-26	TEST MODEL	179
A-27	TEST MODEL FOR GRP AFTER BREAKING	179
A-28	TEST SPECIMEN FOR PP AFTER TENSILE TEST	180
A-29	TEST SPECIMEN FOR GRP AFTER TENSILE TEST	180
A-30	TEST SPECIMEN FOR JRP AFTER TENSILE TEST	181
A-31	TEST SPECIMEN FOR PP AFTER FLEXURAL TEST	181
A-32	TEST SPECIMEN FOR GRP AFTER FLEXURAL TEST	182
A-33	TEST SPECIMEN FOR JRP AFTER FLEXURAL TEST	182
A-34	BRAIDED JUTE	183
A-35	CHOPPED STRAND MAT	183
A-36	BLOCK DIAGRAM OF STRAIN MEASUREMENT	184

## LIST OF SYMBOLS

A	Cross-sectional area
$A_c$	Cross-sectional area of the composite
$A_f$	Cross-sectional area of the fibres
$A_p$	Cross-sectional area of the plastic
a	Apparent weight of specimens, without wire, in air
b	Apparent weight of specimens completely immersed and of the wire partially immersed in liquid., Width of beam tested
d	Depth of beam tested
D	Distance between grips., Diameter of ring., Depth
D.C.	Direct current
E	Young's modulus
$E_B$	Flexural modulus
$E_c$	Young's modulus of the composite
$E_f$	Young's modulus of the fibres
$E_p$	Young's modulus of the plastic
F	Applied load., Gage factor
$l$	gage length
GRP	Glass fibre reinforced plastic
H	Height
h	Thickness of test models
I	Moment of inertia of section about centroidal axis of bending section



JRP	Jute reinforced plastic
L	Length of narrow section
L <sub>o</sub>	Length over-all
m	Slope of the tangent to the inertial straight line portion of the load deflection curve
M	Bending moment
P	Load at a given point on the load deflection curve
PP	Pure Plastic
P	Internal pressure
R	Radius of fillet., Radius of ring
S	Flexural strength
Sp gr	Specific gravity
T	Thickness of test specimens
W	Width., Width of narrow section
W <sub>c</sub>	Width at the center
W <sub>o</sub>	Width over-all
w	Apparent weight of partially immersed wire
Y	Observed deflection at corresponding load F
ε	Strain
ε <sub>a</sub>	Strain in direction of rosette gages
ε <sub>b</sub>	Strain in direction of rosette gages
ε <sub>c</sub>	Strain of the composite., Strain in direction of rosette gages

$\epsilon_f$	Strain of the fibres
$\epsilon_l$	Longitudinal strain
$\epsilon_p$	Strain of the plastic
$\epsilon_t$	Transverse strain
$\sigma$	Stress
$\sigma_1, \sigma_2$	Principal stress
$\sigma_c$	Stress of the composite
$\sigma_{cu}$	Ultimate strength of the composite
$\sigma_f$	Stress of the fibres
$\sigma_{fu}$	Ultimate strength of the fibre
$\sigma_h$	Hoop stress
$\sigma_l$	Longitudinal stress
$\sigma_p$	Stress of the plastic
$\sigma_T$	Tensile strength
$\tau$	Shearing stress
$\tau_{max}$	Maximum shearing stress
$\nu$	Poisson's ratio
$\rho$	Specific resistance of the material
$\theta$	Angle made by $\epsilon_a$ and $\epsilon_l$
3 PC 1 P450	3 - ply, crosswise, sheet of specimen no.1, pure plastic, 450 g/m <sup>2</sup>
4 PL 1 G600	4 - ply, Lengthwise, sheet of specimen no. 1, glass fibre, 600 g/m <sup>2</sup>
5 PL 6 J600	5 - ply, lengthwise, sheet of specimen no.6, jute, 600 g/m <sup>2</sup>

## ABBREVIATIONS

cm	.....	Centimeter
°C	.....	Celsius
c.p.s	.....	Cycle per second
°F	.....	Fahrenheit
g	.....	Gram
hp	.....	Horse power
hr	.....	Hour
in	.....	Inch
kcal	.....	Kilocaloric
kg	.....	Kilogram
ksc	.....	Kilogram per square centimeter
lb	.....	Pound
m	.....	Meter
mg	.....	Milligram
min	.....	Minute
mm	.....	Millimeter