

ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและคุณสมบัติเชิงกลของเอสเอ็มซี

นาย จริญญา ภูศิริ



วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยี โพลีเมอร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2533

ISBN 974-577-599-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 177947

RELATIONSHIP BETWEEN COMPOSITIONS AND MECHANICAL
PROPERTIES OF POLYESTER SMC

Mr. Charoon Bhusiri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Program of Polymer technology
Graduate School
Chulalongkorn University

1990

ISBN 974-577-599-1

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University

พิมพ์ที่เห็นฉบับนี้มรดกตกทอด อภิธานศัพท์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

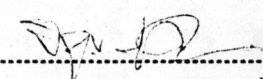
จรรยา ภูศิริ : ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและคุณสมบัติเชิงกลของ เอส เอ็มซี (RELATIONSHIP BETWEEN COMPOSITIONS AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLYESTER SMC) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุดา เกียรติกำจรวงศ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : นท.ดร.สมศักดิ์ นะวีโรจน์, 140 หน้า. ISBN 974-577-599-1

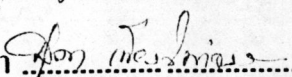
วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมี 2 ประเด็นคือ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและสมบัติเชิงกลของใยแก้วและแคลเซียมคาร์บอเนตในส่วนผสม ซึ่งมีเรซินพอลิเอสเทอร์เป็นเมทริกซ์ของเอสเอ็มซี และเพื่อศึกษาเทคนิคกรรมวิธีการผลิตเอสเอ็มซีในระดับห้องปฏิบัติการ

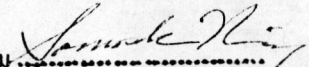
จากการศึกษาการผสมและทดสอบองค์ประกอบต่างๆ ของส่วนผสมเอสเอ็มซี ได้ว่า แผ่นเอสเอ็มซีมีอายุการเก็บได้นานประมาณ 2 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง 28°C ส่วนผสมที่มีความหนืดน้อยกว่า 3×10^4 มิลลิพาสคัล-วินาที ซึมซับบนใยแก้วได้ดี และมีผลทำให้ลักษณะเอกลักษณะของแมตต์เปลี่ยนไปด้วยความหนืดของส่วนผสมขึ้นกับระยะเวลาและความเข้มข้นของแมกนีเซียมออกไซด์ และเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ด้วย อันเนื่องจากสาเหตุการเกิดดิกเคินนิ่ง นำชิ้นทดสอบเอสเอ็มซีที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแมตต์แรงอัดแล้ว ไปทดสอบสมบัติเชิงกล และวิเคราะห์รอยแตกหักโดยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เพื่อศึกษาลักษณะการประสานกันระหว่างองค์ประกอบของส่วนผสม

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดอัตราส่วนของใยแก้ว อยู่ในช่วงร้อยละ 20-40 โดยน้ำหนักของส่วนผสม และแคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 20-80 โดยน้ำหนักของเรซิน ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณทั้งใยแก้วและแคลเซียมคาร์บอเนต มีผลให้สมบัติเชิงกลของชิ้นทดสอบเอสเอ็มซีดีขึ้น คือ มีความทนแรงดึง ความทนแรงดัดตามขวาง และความทนแรงกระแทกได้มากขึ้น นอกจากนี้ ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณใยแก้วในส่วนผสม มีผลดีต่อสมบัติเชิงกลดังกล่าวได้มากกว่าการเพิ่มแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณที่เท่ากัน และโมดูลัสแรงดึงจากการทดลองมีความชัน เหมือนกับผลการคำนวณที่กำหนดค่าตัวประกอบเอกลักษณะของใยแก้วเท่ากับ 0.375

ภาควิชา สหสาขาวิชาปิโตรเคมี-โพลีเมอร์
สาขาวิชา เทคโนโลยีโพลีเมอร์
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม 

CHAROON BHUSIRI : RELATIONSHIP BETWEEN THE COMPOSITION AND MECHANICAL PROPERTIES OF POLYESTER SMC. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SUDA KIATKAMJORNWONG, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : WG. CDR. SOMSAK NAVIROJ, Ph.D. 140 pp. ISBN 974-577-599-1

The objectives of this research are to identify the relationship between the compositions and the mechanical properties of glass fiber and calcium carbonate added to the polyester resin that forms the matrix of SMC; and to study the processing technique of SMC on a laboratory scale.

Based on the studies of various formulations and tests reinforced plastics of SMC, it was found that the storage life of the SMC at room temperature of 28°C could be as long as 2 months. The viscosity of SMC of no greater than 3×10^4 mPa-s provided good wettability and absorption onto the glass fibers and consequently changed its molding characteristics. The viscosity of the resin mix depended on the time and the concentration of magnesium oxide from which the viscosity increased with increasing concentrations causing the so called thicken phenomenon. Careful investigations of the SMC test specimens prepared under compression molding by subjecting to several mechanical property testings were carried out and the fractured specimens analyzed for the compatibility of each component were made through the scanning electron micrographs.

For this investigation, the glass fiber contents were varied from 20-40% by weight of the resin mix; and those of calcium carbonate were from 20-80% by weight of the resin. The results indicated that increasing both the concentrations of them improved the corresponding mechanical properties of SMC namely: tensile strength, the relevant moduli, and notched Izod impact. Additionally, the results indicated further that the effect of the glass fiber content was far greater on the mechanical properties of the SMC than did the calcium carbonate at the equal concentration. It is found that the tensile modulus from the experimental result has the same slope of the line of which the co-factor of the glass fiber characteristics equals 0.375.

ภาควิชา สหสาขาวิชาปิโตร เคมี-โพลีเมอร์
สาขาวิชา เทคโนโลยีโพลีเมอร์
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิติ Charoon Bhusiri
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Suda Kiatkamjornwong
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาอื่น Somsak Naviroj



ACKNOWLEDGEMENTS

The author is deeply indebted to his advisors, Associate Professor Dr. Suda Kiatkamjornwong and Wing Commander Dr. Somsak Naviroj, for their advice in the experimental work and thesis writing, as well as their encouragement throughout the course of this thesis. He sincerely wishes to thank Mr. Putishong Naviroj for the donation of glass fiber and Hoechst Thai Co. Ltd. for the contribution of unsaturated polyester resin. He would like to express his gratitude to the Department of Materials Science for the provision of instruments, some available common chemicals and facilities to the experimental work. Furthermore, he would also like to thank the thesis committee for their kind comments.

CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT (IN THAI).....	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
LIST OF TABLES.....	x
LIST OF FIGURES.....	xi
CHAPTER	
I. INTRODUCTION.....	1
1.1 Definition and History of SMC.....	2
1.2 Materials and Their Functions.....	3
1.2.1 Resin.....	3
1.2.2 Monomer.....	8
1.2.3 Catalyst.....	9
1.2.4 Filler.....	11
1.2.5 Thickener.....	12
1.2.6 Release Agent.....	13
1.2.7 Reinforcements.....	14
1.3 Resin - Glass Fiber Interface.....	15
1.4 Formulation and Manufacturing process of SMC	
1.4.1 Formulation of SMC.....	21
1.4.2 Manufacturing process of SMC.....	22
1.5 Research Objectives.....	25

	PAGE
II. EXPERIMENTAL.....	26
2.1 Instruments and Equipment.....	27
2.2 Chemicals and Materials.....	28
2.3 Formulation for SMC.....	32
2.4 Mixing Procedure for SMC.....	33
2.5 SMC Sheet Preparation.....	34
2.6 Molding Procedure.....	35
2.7 Methodology of determining the effect of CaCO ₃ and MgO on viscosity.....	37
2.8 Determination of the Storage Life.....	41
2.9 Preparation of Sample for SEM.....	43
2.10 Characterization of the Cured SMC.....	43
2.10.1 Tensile Properties.....	44
2.10.2 Flexural Properties.....	44
2.10.3 Impact Resistance.....	45
III. RESULTS AND DISCUSSION.....	46
3.1 Effect of Filler and Thickener on Viscosity	
3.1.1 Effect of Filler on the Viscosity...	48
3.1.2 Effect of Thickener on Viscosity....	51
3.1.3 Effect of the Combined Addition of Filler and Thickener on Viscosity...	57
3.2 Effect of Thickening Behavior on Maturation and Storage Life.....	62
3.3 Effect of Reinforcing Material and Filler on Mechanical Properties.....	65

	PAGE
3.3.1 Factors Influence Mechanical	
Properties of SMC: Macromechanics...	67
3.3.2 Factors Influence Mechanical	
Properties of SMC: Micromechanics...	78
3.3.2.1 Effect of Glass Fiber	
Reinforcement.....	78
3.3.2.2 Effect of CaCO ₃ Filler.....	85
IV. CONCLUSIONS and RECOMMENDATION	91
REFERENCES.....	100
APPENDIX A : Conversion Units	101
APPENDIX B : Experimental Data.....	102
APPENDIX C : Mechanical Tests	105
APPENDIX D : Thickening Reaction and Mechanisms	113
APPENDIX E : Composite Properties : Tensile Modulus	
Calculation.....	122
APPENDIX F : An Arrangement of Reinforcement.....	127
APPENDIX G : Molding Problems	135
VITA.....	140

LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
1.1 A typical SMC formulation.....	21
2.1 Materials and sources of supply used in SMC compounding	29
2.2 Some physical properties in specification of resin, UP 355E	30
2.3 Some physical properties of CaCO ₃ filler, Sila Flex 3 CG	31
2.4 One type of formulation for SMC	32
2.5 A list of formulation in the programmed testing of viscosity profile.....	33
2.6 Typical formulations of SMC for the determination of storage life.....	42
3.1 The viscosity of resin mix changes with the time at the different concentrations of MgO.....	53
3.2 The viscosity of resin mix changes with the time at the different concentrations of CaCO ₃ in the presence of 3% MgO.....	60
3.3 Effect of the CaCO ₃ and the glass fiber on the mechanical properties of polyester SMC from the experimental result.....	77

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
1. 1 The SMC parts of Pontiac Fiero	3
1. 2 The nature of cured polyester resins	7
1. 3 Shrinkage related to percent filler added to resin mix	12
1. 4 The model structure shows the boundary of interface layer between the surface of matrix and the glass fiber	17
1. 5 Idealized structure of a silane modified interface between matrix and reinforcement	17
1. 6 The chemical reaction of silane coupling agent	19
1. 7 Reaction of gamma - methacryloxypropyl trimethoxy silane with the glass surface	19
1. 8 A multistage process of SMC	23
1. 9 Sheet molding compound processing machine	24
2. 1 The compression mold	36
3. 1 Effect of thickening time of treated and untreated CaCO ₃ filler in the resin on viscosity	48
3. 2 Effect of thickening time of the resin at various filler loadings on viscosity	48

FIGURE (continued)	PAGE
3. 3 Electron micrographs (magnification 2000 x) show the morphology of:	
a) the crystal of CaCO_3 particles	
b) the wetting of treated CaCO_3 particles with resin matrix	49
3. 4 Effect of thickening time, for the viscosity of resin in the presence of 3 % MgO at 28°C and 36°C	53
3. 5 Effect of the % MgO in term of thickening time on viscosity at 36°C	54
3. 6 Effects of CaCO_3 and MgO on the thickening time and viscosity	58
3. 7 Comparison of the combined effect of CaCO_3 and of CaCO_3 and MgO on viscosity	59
3. 8 Effect of the concentrations of CaCO_3 in the presence of 3 % MgO , at different times on viscosity	61
3. 9 Effect of time on hardness of the SMC in the presence of various concentrations of glass fiber and CaCO_3	63
3.10 Effect of time on hardness of the SMC, without and with 60 % CaCO_3	63
3.11 Dependence of tensile strength on % glass fiber content in SMC.....	68
3.12 Dependence of flexural strength on % glass fiber content (without CaCO_3) in SMC.....	69

FIGURE (continued)	PAGE
3.13 Dependence of Izod Impact strength (notched) on % glass fiber content in SMC.....	69
3.14 Dependence of tensile strength on % glass fiber content in the presence of different CaCO ₃ content...	70
3.15 Dependence of flexural strength on % glass fiber content in the presence of different CaCO ₃ content...	71
3.16 Dependence of Izod impact strength (notched) on % glass fiber content in the presence of different CaCO ₃ contents.....	72
3.17 Dependence of tensile modulus on % glass fiber content in the presence of different CaCO ₃ contents.....	73
3.18 Dependence of flexural modulus on % glass fiber content in the presence of different CaCO ₃ contents.....	74
3.19 Comparison of tensile modulus between the calculated and the experimental results.....	75
3.20 Stress-strain curves for hypothetical composite materials with ductile and brittle fibers and typical ductile matrix.....	80
3.21 Stress-strain curves of the SMC under the effects of glass fiber reinforcement and CaCO ₃ filler.....	80
3.22 Electron micrograph of the cross-sectional surface morphology of the sample (R20,FO) of resin-glass fiber system	82

FIGURE (continued)	PAGE
3.23 Model of Microcrack tip in fiber composite.....	82
3.24 Electron micrographs (35 x) show the continuous fracture during deformation from flexural test.....	84
3.25 Electron micrograph of SMC (R20,F0) failed under tensile load, shows the fracture surface of fiber separated from the matrix resin.....	85
3.26 Electron micrograph (2000x) of the cross-sectional area from the failure of tensile loading, of SMC sample, 20% glass fiber and without CaCO ₃ (R20,F0)...	87
3.27 Electron micrograph (2000x) of the cross-sectional area from the failure of tensile loading, of SMC sample, 20% glass fiber and 20% CaCO ₃ (R20,F20).....	87
3.28 Electron micrograph (2000x) of the cross-sectional area from the failure of tensile loading, of SMC sample, 20% glass fiber and 40% CaCO ₃ (R20,F40).....	88
3.29 Electron micrograph (2000x) of the cross-sectional area from the failure of tensile loading, of SMC sample 20% glass fiber and 80% CaCO ₃ (R20,F80).....	89