

การแยกขยะพลาสติกผสมโดยวิธีจม-ลอยร่วมกับซีเล็คทีฟโฟลเทชั่นเทคนิค



นายฉัตร คุณาจิตพิมล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4927-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

24 พ.ค. 2549

121482895

**MIXED PLASTICS WASTE SEPARATION BY COMBINATION OF SINK-FLOAT  
METHOD AND SELECTIVE FLOATION TECHNIQUE**

**Mr. Napatr Kunachitpimol**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement  
for the Degree of Master of Science in Environmental Management  
(Inter-Department)  
Graduate School  
Chulalongkorn University  
Academic Year 2003  
ISBN 974-17-4927-9**

**Copyright of Chulalongkorn University**



นายฉัตร คุณจิตพิมล. การแยกขยะพลาสติกผสมโดยวิธีจม-ลอยร่วมกับซีเล็คทีฟโฟลเทชันเทคนิค. (MIXED PLASTICS WASTE SEPARATION BY COMBINATION OF SINK-FLOAT METHOD AND SELECTIVE FLOTATION TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษา : ดร.สงบพิทย์ พงศ์สถาปตี, จำนวนหน้า 71หน้า. ISBN 974-17-4927-9

จุดประสงค์ของการทดลองครั้งนี้เพื่อแยกขยะพลาสติกผสมโดยแบ่งตามประเภทของพลาสติก โดยใช้วิธีแยกตามความหนาแน่นตามด้วยซีเล็คทีฟโฟลเทชัน ขยะพลาสติกผสมทั้งหกประเภท มีขนาด 0.3 ถึง 0.5 เซนติเมตร ประกอบด้วย โพลีเอทิลีน (HDPE) โพลีโพรพิลีน (PP) โพลีไวนิล คลอไรด์ (PVC) โพลีสไตรีน (PS) โพลีเอทิลีน เทเรฟทาต (PET) และอะครีโลไนไตร ย บิวตไดอีน สไตรีน (ABS) การแยกพลาสติกผสมด้วยความหนาแน่นทำได้โดยการปั่นขยะพลาสติกผสมอย่างทั่วถึงในสารละลายและทิ้งพลาสติกไว้สั้นๆเพื่อให้แน่ใจว่าขยะพลาสติกผสมนั้นแยกจากกันโดยสมบูรณ์ พลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าสารละลายจะลอยขึ้นสู่ผิวหน้า ในขณะที่พลาสติกที่มีความหนาแน่นมากกว่าสารละลายจะจมอยู่ที่ก้นของสารละลาย การทดลองพบว่ามากกว่าร้อยละ 99 ของ PP ได้แยกจากขยะผสม PP และ HDPE โดย เอซิล แอลกอฮอล์ ร้อยละ 50 โดยปริมาตร PS และ ABS สามารถแยกจากขยะพลาสติกผสมโดยสมบูรณ์ด้วยร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ของสารละลายแคลเซียม คลอไรด์ โดยที่ซีเล็คทีฟโฟลเทชันเทคนิคจะทำการแยกขยะพลาสติกผสมที่ไม่สามารถแยกออกจากกันโดยสมบูรณ์ต่อจากวิธีแยกตามความหนาแน่น ซึ่งในการทดลองซีเล็คทีฟโฟลเทชันเทคนิคนั้น ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของเว็ดตั้งเอเจนต์ พรอทเทอร์ พีเอช เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และอิเล็กโตรไลต์ ต่อการแยกขยะพลาสติก พบว่า PET แยกจากขยะพลาสติกผสม PET/PVC โดยได้ PET บริสุทธิ์ถึงร้อยละ 98.05 ในขณะที่ ร้อยละ 99.01 ของ PS สามารถแยกจากขยะพลาสติกผสม PS/ABS ในสภาวะที่แตกต่างกัน

ภาควิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม  
 สหสาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม  
 ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนิสิต..... นศ. คุณจิตพิมล  
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... ดร.สงบพิทย์

## 4589434020: MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

KEY WORDS: PLASTICS WASTE SEPARATION/ COMBINATION OF SINK-FLOAT METHOD AND SELECTIVE FLOTATION TECHNIQUE/ CONTACT ANGLE/ CALCIUM LINSULFONATE.

NAPATR KUNACHITPIMOL : THESIS TITLE: MIXED PLASTICS WASTE SEPARATION BY COMBINATION OF SINK-FLOAT METHOD AND SELECTIVE FLOTATION TECHNIQUE. THESIS ADVISOR : SANGOB TIP PONGSTABODEE, 71 pp. ISBN 974-17-4927-9

The aim of this research is to separate a mixed post-consumer plastics waste based on type of plastics by using gravity method and then follow by selective flotation. Analogous to gravity method, six mixed plastics wastes with 0.3 – 0.5 centimetre in size, composed of high density polyethylene (HDPE), polypropylene (PP), poly(vinyl chloride) (PVC), polystyrene (PS), polyethylene terephthalate (PET) and acrylonitrile-butadiene-styrene copolymers (ABS) were stirred thoroughly in a medium solution and then left for four minutes to ensure complete separation. Plastics whose density less than that of medium solution was floated to the solution surface, while the one whose density was grater than that of medium solution was sunk to the bottom of the solution. The experimental results showed that more than 99% of PP (with commercial grade) could be separated from a mixture of PP and HDPE when using 50% by volume of ethyl alcohol acted as light medium solution. Mixture of PS and ABS could be separated completely from a mix of PS, ABS, PET and PVC by using 20% by weight calcium chloride aqueous solution. Consequently, selective flotation was then employed to separate these mixtures by which gravity method could not achieve. In this section, effect of wetting agent, frother, pH, conditioning time and electrolyte were studied. The results showed that PET could be separated from mixture of PET/PVC with 98.05 % of recovered PET when using 500 ppm Calcium lignosulfonate (CaLS) as wetting agent, 0.1%  $\text{CaCl}_2$  as electrolyte, 0.02 ml MIBC as a frother, at pH 11 and conditioning time 3 minutes. It was found that 99.01% of PS was separated from the mixture of PS/ABS as by using different condition.

Department of Environmental Management  
Field of Study Environmental Management  
Academic year 2003

Student's Signature.....*N. Kunachitpimol*  
Advisor's Signature.....*Sangob Tip Pongstabodee*

## ACKNOWLEDGEMENT

First of all, I wish to express my sincere appreciation to Dr. Sangobtip Pongstabodee, my thesis advisor, for her encouragement, giving me the good advices and paying patient through out my research thesis. I would like also to express my honest esteem to Asst. Prof. Dr. Sutha Khaodhiar, the chairman of my committee, for his kindness with this research project as well as other important aspect of my time that I spent at the National Research Center for Environmental and Hazardous Waste Management (NRC-EHWM). I would additionally be grateful to Prof. Dr. Pattarapan Prassasarakich, and Dr. Ekawan Luepromchai for serving as my committee.

Acknowledgement goes to NRC-EHWM for financial support. Additional acknowledges furnishing of facilities and equipments for this study from department of chemical technology, faculty of science, Chulalongkorn University (CHEM-TECH). I also acknowledge department of material science, faculty of science, Chulalongkorn University for providing contact angle measurement.

I am grateful to NRC-EHWM and CHEM-TECH' s staffs for kindly helpful to complete this research. I am grateful to my family for being there to support and love me. I also big thank to my best friend, Miss Kwanjai Satchatham, for her supporting me and never doubting me. Last but not least, I thank to all my friends and whoever supported and involved in this research that I did not name.

## CONTENTS

	Page
ABSTRACT (Thai).....	iv
ABSTRACT (English).....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF TABLES.....	x
LIST OF FIGURES.....	xi
CHAPTER I Introduction .....	1
1.1 Introduction and motivation.....	1
1.2 Objectives.....	3
CHAPTER II Theoretical background and literature reviews.....	4
2.1 Plastics.....	4
2.2 Common plastics.....	6
2.2.1 Polyethylene .....	8
2.2.2 Polypropylene.....	9
2.2.3 Poly(vinyl chloride).....	11
2.2.4 Polystyrene.....	12
2.2.5 Polyethylene terephthalate.....	13
2.3 Plastics wastes and plastics wastes management.....	14
2.4 Recycling trend in Thailand.....	19
2.5 Selective flotation.....	20
2.5.1 The principle of plastics flotation.....	20
2.5.1.1 Wettability.....	21
2.5.1.2 Wetting agents.....	23
2.5.1.3 Frothers.....	25
2.6 Related works.....	27
CHAPTER III Methodology.....	29
3.1 Plastics samples.....	29
3.2 Chemical reagents.....	30
3.2.1 Sink-float separation.....	30
3.2.2 Selective flotation test.....	30

## CONTENTS (Cont)

	Page
CHAPTER III Methodology (Cont) .....	29
3.3 Experiment methods.....	30
3.3.1 Sink-float separation.....	30
3.3.2 Selective flotation test.....	31
3.4 Contact angle measurement.....	33
 CHAPTER IV Results and discussions.....	 34
4.1 Sink-Float method.....	34
4.1.1 Dense medium solution.....	35
4.1.2 Light medium solution.....	38
4.2 Selective flotation technique.....	39
4.2.1 PET/PVC.....	39
4.2.1.1 The effect of treatment with CaLS wetting agent .....	39
and pH on the floatability	
4.2.1.2 The effect of conditioning time on the floatability of plastics.....	41
4.2.1.3 The effect of varying the concentration of.....	42
electrolyte on the floatability of plastics	
4.2.1.4 The effect of frothers and their concentrations....	44
on the floatability of plastics	
4.2.1.5 The effect of height of flotation cell on.....	46
the floatability of plastics	
4.2.2 PS/ABS.....	46
4.2.2.1 The effect of treatment with CaLS wetting agent .....	46
and pH on the floatability	
4.2.2.2 The effect of conditioning time on the floatability of plastics.....	48
4.2.2.3 The effect of varying the concentration of.....	49
electrolyte on the floatability of plastics	
4.2.2.4 The effect of frothers and their concentrations....	50
on the floatability of plastics	
4.2.2.5 The effect of height of flotation cell on.....	52
the floatability of plastics	
4.3 Contact angle measurement.....	53
4.4 Assessment of application of chemical conditioning method in.....	57
plastics flotation	



**CONTENTS (Cont)**

	Page
CHAPTER V Conclusions.....	58
REFERENCES.....	61
APPENDICES.....	63
APPENDIX A.....	64
APPENDIX B.....	66
APPENDIX C.....	68
APPENDIX D.....	69
BIOGRAPHY.....	71

## LIST OF TABLES

Table	Page
1.1 Price of some common plastics resins in July 2002 in Thailand.....	2
2.1 Data on plastics processing industry in Asian Regions (other than China).....	7
2.2 Density and acronym of polyethylene.....	8
2.3 SPI's voluntary plastics container coding system.....	17
2.5 Surface tension ( $\gamma_{SG}$ ) and contact angle of some plastics with water.....	22
2.6 Examples of some common frothers.....	26
4.1 Density of plastics.....	37
4.2 Densities of calcium chloride aqueous solution (DMS) in varied concentrations.....	37
4.3 Densities of ethyl alcohol solution (LMS) in varied concentrations.....	37
4.4 Flotation experiments results according to conditioning time.....	42
at 500 mg/l CaLS, pH 11	
4.5 Flotation experiments results according to height of flotation column.....	46
4.6 Flotation experiment results according to height of flotation column.....	52
4.7 The comparison of plastics recovery and recovered plastics purity.....	52
4.8 Contact angles of plastics with water.....	53
D.1 Densities of medium solution at various concentration of wetting agent.....	68
(medium solution is water)	
D.2 Densities of medium solution at various concentration of electrolyte ( $\text{CaCl}_2$ ).....	68
at CaLS 500 mg/l	
D.3 Densities of medium solution at various concentrations of wetting agent.....	69
(medium solution is 20 %v/v ethyl alcohol)	
D.4 Densities of medium solution at various concentrations of electrolyte ( $\text{CaCl}_2$ ).....	69
at CaLS 500 mg/l	

## LIST OF FIGURES

Figure	Page
2.1 The plastics consumption in 1999.....	7
2.2 Chemical structure of polyethylene .....	8
2.3 Ziegler-Natta polymerisation of polypropylene.....	10
2.4 Isotactic polypropylene structure.....	10
2.5 Polymerisation of poly(vinyl chloride).....	11
2.6 Polymerisation of polystyrene.....	12
2.7 Chemical structure of PET.....	13
2.8 Percent by weight of solid wastes in MSW, Bangkok 2000.....	14
2.9 Density of common plastics.....	19
2.10 Relative equilibrium states for a water droplet at a solid surface.....	21
indicating various wettability regimes	
2.11 Wetting agent alignment at plastics surface.....	23
2.12 Chemical structure of calcium lignosulfonate.....	24
3.1 Schematic a configuration of each plastics .....	29
3.2 Flotation column.....	32
3.3 Diagram of experiment procedure.....	33
4.1 Plastics separation by using water.....	34
4.2 Plastics separation by using dense medium solution.....	35
4.3 The floatability of plastics in the presence of DMS.....	36
4.4 The floatability of plastics in the presence of ethyl alcohol solution (LMS).....	38
4.5 Dependence of the floatability of PET and PVC on the varied.....	40
CaLS concentration at pH 7	
4.6 Dependence of the floatability of PET and PVC on the varied pH at 500 mg/l CaLS... ..	40
4.7 Floatability and purity of PET and PVC on the varied time at 500 mg/l CaLS, pH 11....	41
4.8 The effect of cation on the floatability and purity of PET.....	43
(using 500 mg/l CaLS, pH 11)	
4.9 The effect of cation on the floatability and purity of PVC.....	43
(using 500 mg/l CaLS, pH 11)	
4.10 The role of calcium in the adsorption mechanism of lignosulfonate.....	44
on plastics surface	
4.11 The concentrations of frother reagents (MIBC and terpineol) as function of.....	45
separation PET and PVC	

## LIST OF FIGURES (Cont)

Figure	Page
4.12 Dependence of the floatability of ABS and PS on the varied..... CaLS concentration at pH 7	47
4.13 Dependence of the floatability of ABS and PS on the varied pH at 200 mg/l CaLS...	48
4.14 Floatability and purity of ABS and PS on the varied time at 200 mg/l CaLS, pH 7...	49
4.15 The effect of cation on the floatability and purity of ABS and PS ..... (using 200 mg/l, pH 7 and 4 minutes conditioning time)	50
4.16 The concentration of MIBC as function of ABS/PS separation .....	51
4.17 The concentration of terpineol as function of ABS/PS separation.....	51
4.18 Contact angle of PET and PVC with deferent concentrations of CaLS and pH.....	54
4.19 Contact angle of PS and ABS with deferent concentrations of CaLS and pH.....	55
4.20 Contact angle of plastics with deferent concentrations of CaCl <sub>2</sub> .....	56
5.1 Proposed flow chart for separation of plastics from mixtures by..... combination of sink-float method and selective flotation technique	59
C.1 Effect of wetting agent (CaLS) on the surface tension of flotation medium..... (pH 7, 25 °C)	67