การจำลองและหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการล้างในโรงงานพลาสติกรีไซเคิล

ปกปิด

นายสาธิต เนียมสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-4056-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MODELING AND OPTIMIZATION OF A RINSING PROCESS IN A RECYCLED PLASTIC PLANT

Mr. Sathit Niamsuwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic year 2005

ISBN 974-17-4056 -5

481624

Thesis Title	MODELING AND OPTIMIZATION OF A RINSING PROCESS IN A RECYCLED PLASTIC PLANT
By	Mr. Sathit Niamsuwan
Field of study	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Paisan Kittisupakorn, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master 's Degree

..... Dean of the Faculty of Engineering

(Professor Direk Lavansiri, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman

(Associate Professor Tharathon Mongkhonsi, Ph.D.)

..... Thesis Advisor

(Associate Professor Paisan Kittisupakorn, Ph.D.)

..... Member

(Soorathep Kheawhom, Ph.D.)

..... Member

(Suphot Phatanasri, D.Eng.)

สาธิต เนียมสุวรรณ : การจำลองและหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการล้างในโรงงานพลาสติกรีไซเคิล (MODELING AND OPTIMIZATION OF A RINSING PROCESS IN A RECYCLED PLASTIC PLANT) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร.ไพศาล กิตติศุภกร
จำนวน 78 หน้า ISBN 974-17-4056-5

การล้างเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีใช้กันอย่างกว้างขวางในหลายๆ ประเภทอุตสาหกรรม เมื่อพิจารณากระบวนการดังกล่าวพบว่ามีการใช้น้ำในปริมาณมาก จากเหตุผลดังกล่าวการลดปริมาณการใช้น้ำในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ได้เคยมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงการใช้สารเคมีรวมทั้งการออกแบบกระบวนการและอุปกรณ์สำหรับกระบวนการล้าง อย่างไรก็ตามการหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการล้างยังมีการศึกษาไม่มาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมของปริมาณน้ำล้างในแต่ละบ่อและปริมาณน้ำล้างที่ติดไปกับพลาสติกที่ทำการล้าง (Drag out) สำหรับกระบวนการล้างในโรงงานพลาสติกรีไซเคิล การได้มาซึ่งค่าที่เหมาะสมจะต้องทำการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการล้างและข้อมูลที่ใช้ในการหาแบบจำลองได้มาจากการทำการทดลอง การศึกษาการจำลองกระบวนการล้างจะทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงแบบพลวัตของกระบวนการในส่วนของค่าความเข้มข้นของสารทำความสะอาดในบ่อล้าง ปริมาณน้ำล้างในบ่อ ปริมาณน้ำล้างที่ติดไปกับพลาสติกที่ทำการล้าง เป็นต้น การหาสภาวะที่เหมาะสมมีลักษณะปัญหาแบบ Dynamic optimization และทำการหาคำตอบโดยใช้โปรแกรม MATLAB ปริมาณน้ำล้างในแต่ละบ่อที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 17 – 23 ลิตรและปริมาณน้ำล้างที่ติดไปกับพลาสติกที่ทำการล้างมีค่าระหว่าง 0.6 – 1.2 ลิตร

ภาควิชา .....วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา .....วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา .....2548.....

4670553921 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: RINSING / MODELING / OPTIMIZATION

SATHIT NIAMSUWAN : MODELING AND OPTIMIZATION OF A RINSING PROCESS IN A RECYCLED PLASTIC PLANT THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PAISAN KITTISUPAKORN, Ph.D. 78 pp. ISBN 974-17-4056-5

A rinsing technology is one of several technologies wildly used in most industrial sectors. The process has been considered as a large amount consumed water process. Therefore, to reduce water consumption, most enterprises have carried out researchers regarding the development of chemical used as well as the design of rinsing processes and equipment. However, the optimization of a rinsing technology has been rarely studied. As a consequence, this work studies the dynamic optimization of a rinsing process in a recycled plastic plant to determine optimal water consumption and volume of drag out involved in the rinsing process. To achieve these, mathematical models of the process have been developed and unkhown and uncertain parameters have been determined based on data obtained from experimental study of a pilot plant. With these models, simulation study has been carried out to find out the dynamic behavior of the process with respect to the concentration of cleaning agent in rinse water, rinse water volume, the amount of drag out etc. Then the dynamic optimization problem has been formulated and solved using written programs based on MATLAB. The results have shown that the optimal water consumption is between 17 and 23 litres and the optimal drag out volume is between 0.6 and 1.2 litres.

Department.....Chemical Engineering.....Student's signature.....Sathit Niamsuwan.....

Field of study....Chemical Engineering.....Advisor's signature.....Paisan Kittisupakorn.....

Academic year .....2005.....

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to sincerely thank Associate Professor Dr. Paisan Kittisupakorn, my thesis advisor, for give me the valuable guidance, direction and discuccsion throughout yhe course of Master degree study including this research. Furthermore, I am also grateful to Associate Professor Dr. Tharathon Mongkhonsi, Dr. Soorathep Kheawhom and Dr. Suphot Phatanasri for serving as chairman and member of thesis committees, respectively.

Many thanks to control and system engineering research laboratory member, colleague, friends and all those who encouraged me over the year of studying.

Finally, I would like to express the highest gradtitude to my parents, and sister for their love, inspiration and encouragement throughout this study.

CONTENTS

page

Abstract in Thai iv

Abstract in English v

Acknowledgements vi

Contents vii

List of Tables x

List of Figures xi

Nomenclature xiii

CHAPTER

1. Introduction 1

    1.1 Importance and Reasons for Research 1

    1.2 Research Objective 2

    1.3 Scope of Research 2

    1.4 Contribution of Research 3

    1.5 Methodology of Research 3

    1.6 Sequence of Research Presentation 4

2. Literature Reviews 5

    2.1 Modeling of Rinsing Process 5

CHAPTER page

2.2 Dynamic Optimization 7

3. Theory 9

3.1 Rinsing Process 9

3.2 Modeling of Rinsing Process 15

3.3 Optimization 19

4. Research Methodology 29

4.1 Rinsing Process in Recycled Plastic Plant 29

4.2 Model for Rinsing of Recycled Plastic 32

4.3 The Experiment 33

4.4 Optimization 34

5. Research Result 37

5.1 Model for Rinsing of Recycled Plastic 37

5.2 Optimization 41

6. Conclusion and Recommendation 63

6.1 Conclusion 63

6.2 Recommendation 64

References 65

CHAPTER page

Appendixes 68

Appendixes A : Experimental Data 69

Appendixes B : Rinsing Technique 71

Vita 78

LIST OF TABLES

TABLE page

5.1 Summary of the experiment condition 37

5.2 Value of the imperfect-mixing coefficients for various rinsing times 43

5.3 Value of the concentration at the last tank for various volume of rinse water 47

5.4 Value of the concentration at the last tank for various volume of rinse water (Continued) 47

5.5 Value of the concentration at the last tank for various volume of drag out 51

5.6 Value of the concentration at the last tank for various volume of drag out (Continued) 51

5.7 Optimum volume of rinse water for various rinsing times 55

5.8 Optimum volume of rinse water for various of drag out volume 56

5.9 Optimum volume of rinse water for various of drag out volume (Continued) 56

5.10 Optimum volume of drag out for various rinsing times 59

5.11 Optimum volume of drag out for various of rinse water volume 60

5.12 Optimum volume of drag out for various of rinse water volume (Continued) 60

LIST OF FIGURES

FIGURE page

3.1 Tank-in-Tank Rinsing Model for drag out and rinse overflow rinsing 10

3.2 Drag out rinse 12

3.3 Overflow rinse 12

3.4 Series type of cascade rinsing 13

3.5 Parallel type of cascade rinsing 14

3.6 Rinsing system 16

3.7 Dynamics response of concentration in the first rinse stage 19

3.8 Dynamics response of concentration in four rinse stages 19

3.9 Charateristics of Euler – Lagrange equation for discrete time free dynamics optimization 19

4.1 A process of recycling plastic 30

4.2 Washing machine 31

4.3 Rinsing pit 31

4.4 Rinsing system in this research 32

4.5 Set of the experiment 33

4.6 Sample of recycled plastic in the experiment 34

4.7 Container of recycled plastic for rinsing 32

4.8 Rinsing of plastic in the experiment 35

4.9 Hold the container after rinsing in each tank 35

FIGURE page

5.1 Concentration in three rinse stages for a rinsing time of 5 seconds 38

5.2 Concentration in three rinse stages for a rinsing time of 10 seconds 38

5.3 Concentration in three rinse stages for a rinsing time of 15 seconds 39

5.4 Concentration in three rinse stages for a rinsing time of 20 seconds 39

5.5 Concentration in three rinse stages for a rinsing time of 25 seconds 40

5.6 Concentration in three rinse stages for a rinsing time of 30 seconds 40

5.7 Concentration at the last tank at various volume of rinse water for rinsing time 5 seconds 44

5.8 Concentration at the last tank at various volume of rinse water for rinsing time 10 seconds 44

5.9 Concentration at the last tank at various volume of rinse water for rinsing time 15 seconds 45

5.10 Concentration at the last tank at various volume of rinse water for rinsing time 20 seconds 45

5.11 Concentration at the last tank at various volume of rinse water for rinsing time 25 seconds 46

5.12 Concentration at the last tank at various volume of rinse water for rinsing time 30 seconds 46

FIGURE page

5.13 Concentration at the last tank at various volume of drag out for rinsing time 5 seconds 48

5.14 Concentration at the last tank at various volume of drag out for rinsing time 10 seconds 49

5.15 Concentration at the last tank at various volume of drag out for rinsing time 15 seconds 49

5.16 Concentration at the last tank at various volume of drag out for rinsing time 20 seconds 50

5.17 Concentration at the last tank at various volume of drag out for rinsing time 25 seconds 50

5.18 Concentration at the last tank at various volume of drag out for rinsing time 30 seconds 51

5.19 Change of concentration in last stage (Z_3) at various of change of rinse water volume 53

5.20 Change of concentration in last stage (Z_3) at various of change of drag out volume 54

5.21 Feasible area of drag out volume change and optimal volume of water 58

5.22 Feasible area of water volume change and optimal volume of drag out 61

NOMENCLATURE

Rinsing Process

C_r	concentration at workpiece (mole/litre)
C_t	concentration at rinsing tank (mole/litre)
C_P	concentration at plating bath (mole/litre)
Q_D	volume of drag out (cubic meter /hour)
Q_R	volume of fresh rinse water (cubic meter /hour)
V	rinsing tank volume (cubic meter)
k	effective mixing rate

Rinsing Model

a_n	coefficient of imperfect mixing
b_n	$1 - a_n$
C_n	concentration at the workpiece after the n th rinse (gram/litre)
C_0	concentration in initial bath (gram/litre)
D	volume of solution dragged out by the workpiece in the unit time (l/sec.)
k	$\frac{D}{V}$ (1/sec.)
n	rinse stage number
t	times (sec.)
V	rinse volume (litre)

Z_n	concentration in the tank after the n th rinse (gram/litre)

Optimization

J	performance index
H	Hamiltonian function
x_t	state variable
x_0	initial state
x_N	terminal state
u_t	input function
λ, υ	Lagrange multiplier
T	final time