

ปรากฏการณ์ของการ เกาะกลุ่มของอนุภาคด้วยหลักการฟลูอิดไทป์ เซ็น



นายชาน ธรรมสุริยะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการ ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาเคมีเทคนิค

มัชฌิมวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2521

000607

I16487465

THE PHENOMENA OF AGGLOMERATION PARTICLES BY FLUIDIZATION

Mr. Juan Dharmsuriya

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1978

Thesis Title: The Phenomena of Agglomeration Particles by Fluidization  
By: Mr. Juan Dharmasuriya  
Department: Chemical Technology  
Thesis Advisor: Associate Professor Phol Sagetong Dr.Ing.  
Assistant Professor Shooshat Barame Dr.Ing

---

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

*S. Bunnag*

..... Acting Dean of Graduate School  
(Assistant Professor Supradit Bunnag Ph.D.)

Thesis Committee

*P. Prasom*  
..... Chairman  
(Professor Prasom Sthapitanonda Ph.D)

*Phol Sagetong*  
..... Member  
(Associate Professor Phol Sagetong Dr.Ing.)

*Shooshat Barame*  
..... Member  
(Assistant Professor Shooshat Barame Dr.Ing.)

*Kroekchai Sukanjanajtee*  
..... Member  
(Assistant Professor Kroekchai Sukanjanajtee Ph.D.)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University



หัวข้อวิทยานิพนธ์

ปรากฏการณ์ของการ เกาะกลุ่มของอนุภาคคอลลอยด์  
ฟลูอิดไอโซเทรป

ชื่อ

นายชวน ธรรมสุริยะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร. พล สาเททอง  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บารมี

แผนกวิชา

เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา

2521



บทคัดย่อ

ความพยายามที่จะทำให้อนุภาคที่มีขนาดเล็กจับกลุ่มกันใหญ่ขึ้น นั้นมีประโยชน์  
อย่างยิ่งในวงการอุตสาหกรรม เพราะจะช่วยทำให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์เช่น เช่น การ  
ฟุ้งกระจาย, ช่วยให้การเคลื่อนไหวดีขึ้น, ป้องกันการจับก้อน, ช่วยการละลายดีขึ้น เป็นต้น

ในการศึกษาการ เกาะกลุ่มของอนุภาคนั้นศึกษาจากปรากฏการณ์ของการเกาะกลุ่ม  
ของเม็ดโพลีเมอร์ฟลูอิดไอโซเทรป อันจะเป็นแนวทางในการนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมต่อไป การ  
ฟลูอิดไอโซเทรปเม็ดโพลีเมอร์ทำในรูปร่างขนาดความยาว 100 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร ใสอากาศ  
ทำให้เกิดการฟลูอิดไอโซเทรปและใช้น้ำมันเบนซินฉีดผสมกับอากาศเพื่อละลายเม็ดโพลีเมอร์ให้เปียกเหนียว  
และติดกันในขณะเกิดการฟลูอิดไอโซเทรปในรูปร่างนั้น เม็ดโพลีเมอร์ที่มีขนาดประมาณ 0.25 เซนติเมตร  
ถึง 0.75 เซนติเมตร การฟลูอิดไอโซเทรปทำต่อเนื่องไม่ขาดตอน ตัวแปรค่าในการศึกษาคือขนาด  
เม็ดโพลีเมอร์, ปริมาณน้ำมันเบนซินและอัตราการป้อนเม็ดโพลีเมอร์ที่ผ่านราง

จากการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำมันเบนซินที่ ให้ความสัมพันธ์กับจำนวนกลุ่มของ  
เม็ดโพลีเมอร์ที่ได้เป็น สันตรงและพบว่าปริมาณน้ำมันเบนซิน, ขนาดเม็ดโพลีเมอร์, เวลาที่เม็ดโพลีเมอร์  
อยู่ในราง และการออกแบบรางฟลูอิดไอโซเทรป เป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพของการจับกลุ่มที่สำคัญมาก



retention time, particle size of foam drops and also the type of distributor.

## ACKNOWLEDGEMENT

The complimentary appreciation of the author has to be exalted to his advisor, the Associate Professor Dr. Phol Sagetong, who has spent his valuable time, effort and suggestions to this thesis and thank to the Assistant Professor Dr. Kiatchai Santiyanont for his prime management.

Kind instructions and comments that have been presented from the Assistant Professor Dr. Shooshat Barame and Dr. Pienpak Tasakorn are indebted by the author. For the individuals and professors in the Chemical Technology Department especially the Department Head, Professor Dr. Prason Sthapitanonda who have shown their anxiety and good wishes to encourage the author to complete the thesis, please accept the author's heartily thanks.

The financial support from Chulalongkorn University which was used for the construction of experimental equipments is learned with grateful acknowledgement.



## CONTENTS

	Page
Abstract (Thai)	iv
Abstract (English)	v
Acknowledgement	vii
List of Tables	xi
List of Figures	xiii
Notation	xvi
Chapter	
I INTRODUCTION	
1.1 Agglomeration	1
1.2 Scope and Objectives	3
II LITERATURE SURVEY	
2.1 Size Enlargement	6
2.2 Agglomeration Processes in Food Manufacture	8
2.3 Wet Back Process in Industries	13
2.4 Agglomerate Properties	16
2.5 Particle Packing	19
2.6 Binding Mechanism	24
2.7 Fluidization	32
2.8 Polystyrene	38
2.9 Gasoline	39





CONTENTS (Continued)

Chapter		Page
III	EXPERIMENTAL INVESTIGATION	
	3.1 Equipment Design	42
	3.2 Parameter Approach	49
	3.3 Measurement of the Factors	51
IV	EXPERIMENTAL RESULTS	
	4.1 Determination of Fluidizing Air Velocities	54
	4.2 Determination of PFD Feed Rate (F), Voidage and Bulk Density	55
	4.3 Determination of Surface Tension	55
	4.4 The Relationships of the Feed of Agglomerating Agent (C), the Number of Agglomerates (N), PFD Feed Rate (F), and PFD Sizes ( $d_p$ )	56
V	DISCUSSION AND EVALUATION	
	5.1 The effect of air distributor's design on the fluidizing air velocity	103
	5.2 The PFD Feed Rate	105
	5.3 The rate of PFD dissolution by gasoline mist	105
	5.4 Gasoline Feed (C) and Number of Agglomerates (N) Correlations	106
	5.5 Coordinate Transformation	109
	5.6 Agglomeration Efficiency	114
	5.7 Defection in Agglomeration	116



CONTENTS (Continued)

	Page
REFERENCES	124
APPENDICES	127
VITA	141

LIST OF TABLES



Table		Page
2.1	Objectives of Size Enlargement.	6
2.2	Size-enlargement Methods and Applications.	7
2.3	Density of One-sized Binary, Ternary and Quarternary Mixtures of Spheres.	22
2.4	Properties of Expanded Polystyrene.	39
2.5	The Physical Properties of Gasoline.	40
2.6	Major Power Forming Reactions.	40
4.1	Minimum Fluidizing Air Velocity Determination.	57
4.2	Operating Fluidizing Air Velocity Determination.	63
4.3	PFD Characteristics and Feed Rate Determination.	66
4.4	Surface Tension Determination of Polystyrene Solution in Gasoline.	70
4.5	Surface Tensiometer Calibration.	71
4.6	Effect of Gasoline on Number of Agglomerates for $d_p = 0.33\text{cm}$ at $F_1 = 7.8 \text{ gm/min}$ .	72

LIST OF TABLES (CONTINUED)

Table		Page
4.7	Effect of Gasoline on Number of Agglomerates for $d_p = 0.51$ cm at $F_1 = 6.6$ gm/min.	76
4.8	Effect of Gasoline on Number of Agglomerates for $d_p = 0.64$ cm at $F_1 = 6.3$ gm/min.	80
4.9	Effect of Gasoline on Number of Agglomerates for $d_p = 0.33$ cm at $F_2 = 11.3$ gm/min.	85
4.10	Effect of Gasoline on Number of Agglomerates for $d_p = 0.51$ cm at $F_2 = 10.7$ gm/min.	90
4.11	Effect of Gasoline on Number of Agglomerates for $d_p = 0.64$ cm at $F_2 = 10.5$ gm/min.	95
4.12	Least Square Method Determines the Relationship between Number of Agglomerates and Gasoline Amount.	101
5.1	Agglomeration Efficiency.	115
5.2	Various Terms Participate      The Agglomeration.	119



## LIST OF FIGURES

Figure		Page
2.1	Rate of Water Sorbtion of Various Sugar	10
2.2	Effect of the Various Composition Between Lactose and Food Particles	11
2.3	Effect of Reconstitution Time by Lactose	12
2.4	Pillsbury Fluidized Bed Process	13
2.5	All Purpose Sugar Process	15
2.6	Arrangement of steam nozzles in the All Purpose Sugar Process	16
2.7	Dilatency in an Idealized Powder	16
2.8	Particle Size and Agglomerate Strength Regions	19
2.9	Packing Arrangement of Spheres	20
2.10	State of Liquid in Association with Agglomerates	26
2.11	Pressure Drop Versus Gas Velocity for a Bed of Uniformly Sized Sand Particles	35
3.1	Longitudinal Fluidized Bed	42
3.2	Conventional Design of Drilled Pipe Burner	44
3.3	Bunsen or Atmospheric Type and Ring Type	44
3.4 a	Design of Fluidizing Air Distributor	45
3.4 b	Fluidized Bed in Operation	46
3.5 a	Air Compressor and Spray Bottle	47
3.5 b	Gasoline Jet Sprayed Through the Mixing Tube of the Distributor	48
3.6	PFD Feeder	48
3.7	Fluidized Bed for Minimum Air Velocity Determination	51

## LIST OF FIGURE (CONTINUED)

Figure		Page
3.8	Anaemometer.	52
3.9	Surface Tensiometer.	53
4.1	Minimum Fluidizing Air Velocity Determination for $d_p = 0.33$ cm.	58
4.2	Minimum Fluidizing Air Velocity Determination for $d_p = 0.54$ cm.	60
4.3	Minimum Fluidizing Air Velocity Determination for $d_p = 0.61$ cm.	62
4.4	Surface Tension Behavior of Polystyrene Solution in Gasoline.	70
4.5	Surface Tensiometer Calibration.	71
4.6	Effect of Gasoline on the PFD Agglomeration for $d_p = 0.33$ cm at $F_1$ .	75
4.7	Effect of Gasoline on the PFD Agglomeration for $d_p = 0.51$ cm. at $F_1$ .	79

LIST OF FIGURE (CONTINUED)

Figure		Page
4.8	Effect of Gasoline on the PFD Agglomeration for $d_p = 0.64$ cm at $F_1$ .	84
4.9	Effect of Gasoline on the PFD Agglomeration for $d_p = 0.33$ cm at $F_2$ .	89
4.10	Effect of Gasoline on the PFD Agglomeration for $d_p = 0.51$ cm at $F_2$ .	94
4.11	Effect of Gasoline on the PFD Agglomeration for $d_p = 0.64$ cm at $F_2$ .	100
4.12	Effect of Gasoline on the PFD Agglomeration PFD Different Size and Feed Rate.	102
5.1	PFD in Continuous Fluidizing Bed.	104
5.2	N VS C/Fd Determination .	108
5.3a	The Coordinate Transformation from Fig.4.12 to $d_p$ VS N for $F_1$ .	110
5.3b	The Coordinate Transformation from Fig.4.12 to $d_p$ VS N for $F_2$ .	111
5.3c	The Coordinate Transformation from Fig.4.12 to $d_p$ VS C for $F_1$ .	112
5.3d	The Coordinate Transformation From Fig. 4.12 to $d_p$ VS C for $F_2$ .	113



## NOTATION

Symbols and constants that are defined and used locally are not included here.

a	Constant.
A	Area of the experimental fluidizing bed, $\text{cm}^2$ .
C	Concentration of gasline in the fluidizing air, ml/5 min.
d, $d_p$	PFD diameter, cm.
e	Error.
$F, F_1, F_2$	Feed rate of PFD into the fluidized bed, gm/min.
g	$980 \text{ cm/sec}^2$ , acceleration of gravity.
$g_0$	$= 980 (\text{gm.cm})/(\text{gm.wt})(\text{sec})^2$ , conversion factor.
$i_0$	Agglomerating capillary strength, dyne/cm.
$i_p$	Agglomerating pendular strength, dyne/cm.
$L_f, L_{mf}$	bed height at fluidizing, minimum fluidizing condition, cm.
N	Number of agglomerates.
$N_0$	Number of collision.
$\Delta p$	Pressure drop, $\text{gm.wt/cm}^2$ .
$Re_p, Re$	Particle Reynolds number, dimensionless.
t	Retention time of PFD in the fluidizing bed, minute.
T	Temperature, $^{\circ}\text{C}$ .
$U_{mf}$	Superficial air velocity at minimum fluidizing condition, cm/sec.

### Greek Symbols

$\epsilon_f, \epsilon_{mf}$	Void fraction of PFD in general, in fluidizing bed and in the fixed bed, dimensionless.
-----------------------------	---



$\mu$   
 $\nu$

Viscosity of air, gm/cm.sec.

Kinematic viscosity, cm<sup>2</sup>/sec.

$\rho_g$   $\rho_s$

Air-gasoline mixture density, density of PFD, gm/cm<sup>3</sup>.

$\sigma$

Surface Tension of solution, dyne/cm.

$\phi_s$

Sphericity of particle, dimensionless.

#### Abbreviations and Trade Names

PFD

Polystyrene Foam Drop.

Esso

Standard Oil Company of New Jersey.