

การหาเวลาที่จำเป็นของการผสมในถังผสมที่มีการกวนแบบไม่ต่อเนื่อง
ด้วยเทคนิคสารติดตาม

นายพนพ ธรรมชาธิ์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-457-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018436

๖๓๑๑๐๑๐๐

Determination of Required Mixing Time in an Agitated Batch Mixer
Using Tracer Technique

Mr.Pipop Thamtharai

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirement

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1992

ISBN 974-581-457-1

Thesis Title Determination of Required Mixing Time in an
 Agitated Batch Mixer Using Tracer Technique
By Mr. Pipop Thamtharai
Department Chemical Engineering
Thesis Advisor Assistant Professor Sasithorn Boon-Long,
 D. 3ieme Cycle
Thesis Co-Advisor Assistant Professor Nares Chankow, M. Eng.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirement for the Master's Degree.

Thavorn Vajrabhaya
.....Dean of Graduate School
(Professor Thavorn Vajrabhaya, Ph.D.)

Thesis Committee

K. Sukanjanajtee
.....Chairman

(Associate Professor Kroekchai Sukanjanajtee, Ph.D.)

Sasithorn Boon-Long
.....Thesis Advisor

(Assistant Professor Sasithorn Boon-Long, D. 3ieme Cycle)

Nares Chankow
.....Thesis Co-Advisor

(Assistant Professor Nares Chankow, M. Eng.)

Jirdsak Tscheikuna
.....Member

(Dr. Jirdsak Tscheikuna, Ph.D.)

Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University.



พิมพ์ ธรรมธารีย์ : การหาเวลาที่จำเป็นของการผสมในถังผสมที่มีการกวนแบบไม่ต่อเนื่องด้วยเทคนิคสารติดตาม (DETERMINATION OF REQUIRED MIXING TIME IN AN AGITATED BATCH MIXER USING TRACER TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ศศิธร บุญ-หลง, ผศ.นเรศร์ จันทน์ขาว, 114 หน้า. ISBN 974-581-457-1

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการหาเวลาที่จำเป็นของการผสมในถังผสมที่มีการกวนแบบไม่ต่อเนื่องด้วยเทคนิคสารติดตามทั้งชนิดที่เป็นสารรังสีและสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยใช้ถังผสมที่มีสัดส่วนตามมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 24 ซม. และมีน้ำบรรจุอยู่สูง 24 ซม. เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีการทั้งสอง ตัวแปรที่สำคัญที่ใช้ในการศึกษาคือ ชนิดของใบกวนซึ่งเป็นแบบที่มีใบกวน 6 ใบ 3 ชนิดคือ แบบเปิดแบบดัดบนจาน และแบบใบเอียง 45 องศา ความเร็วรอบของการกวน ในช่วง 200-400 รอบต่อนาที ตำแหน่งของใบกวน ที่ระยะความสูงจากกันถึง $1/2$ และ $1/3$ ของเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง และอิทธิพลของแผ่นกั้น

ในการวิจัยนี้พบว่า เวลาที่จำเป็นในการผสมในระบบดังกล่าวจากวิธีการทั้งสองมีแนวโน้มเหมือนกัน โดยค่าที่ได้จากวิธีการความนำไฟฟ้ามีค่าสั้นกว่าเล็กน้อย ระบบการผสมที่มีเวลาที่จำเป็นในการผสมสั้นที่สุดมี 3 แบบ คือ ถังผสมที่มีใบกวน 6 ใบแบบเปิด อยู่ที่ระยะความสูงเหนือกันถึง $1/2$ และ $1/3$ ของเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง ความเร็วรอบในการกวน 400 รอบต่อนาทีและมีแผ่นกั้น อีกแบบหนึ่งคือถังกวนที่มีใบกวน 6 ใบ แบบดัดดั่งบนจานอยู่ที่ระยะความสูง $1/3$ ของเส้นผ่านศูนย์กลางของถัง ความเร็วรอบในการกวน 400 รอบต่อนาทีและมีแผ่นกั้น

นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองใช้เทคนิคสารติดตามชนิดที่เป็นสารรังสีในการหาเวลาที่อยู่ในระบบ (residence time) ที่มีการไหลผ่านในสภาวะคงตัว (steady state continuous flow) ในถังผสมที่มีลักษณะดังกล่าวข้างต้นและในท่อทรงกระบอกอีกด้วย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2534

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C016413 MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: MIXING TIME/BATCH MIXER/TRACER

PIPOP THAMTHARAI : DETERMINATION OF REQUIRED MIXING TIME IN AN AGITATED BATCH MIXER USING TRACER TECHNIQUE. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. SASITHORN BOON-LONG, D. 3 ième Cycle, ASST.PROF. NARES CHANKOW, M.Eng. 114 PP. ISBN 974-581-457-1

The required mixing time in a standard configuration tank was measured using tracer technique both the radioactive and conductivity methods. The mixer was a flat bottom cylindrical vessel with 24 cm inside diameter and was filled with water up to a height of 24 cm. The major parameters were : types of impeller (a 6 bladed open turbine, a 6 bladed disc turbine, and a 6 bladed 45 degree pitch turbine), rotation speeds of impeller (200 to 400 rpm), positions of impeller (at 1/2 and 1/3 tank's diameter above tank's bottom), and baffles.

The results obtained from both methods showed the same trend of required mixing time, but the conductivity method showed a little shorter required mixing time. There were three combinations in which the shortest required mixing time was obtained. They were mixers with 6 bladed open turbine located at 1/2 and 1/3 tank's diameter above tank's bottom, at speed of 400 rpm, and with baffles installed. The other was mixer with 6 bladed disc turbine located at 1/2 tank's diameter above tank's bottom.

Some additional works using radioactive tracer technique in determining residence time of steady state continuous flow were conducted. Two systems were used for the study, the continuous stirred tank and tubular vessel.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา..... 2534

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to express his gratitude and deep appreciation to his advisor, Assist. Prof. Dr. Sasithorn Boon-Long, and his Co-Advisor Assist. Prof. Nares Chankow, for their patience, helpful guidance and encouragement in all aspects throughout the period of this project. In addition, he is grateful to Assoc. Prof. Dr. Kroekchai Sukanjanajtee, and Dr. Jirdsak Tscheikuna, for their comments and corrections of this manuscript as well as to Mr. Areerat Kondoungkoew, and Mr. Chovana Rodthongkum, Office of Atomic Energy for Peace, for their permission to use the nuclear instrumentation necessary for this work. His gratitude is extended to the Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University for providing various facilities.

Furthermore the author wishes to express his appreciation to Mr. Winai Chaidilok for his mechanical work and Mr. Suwat Boonnak for his technical support.

Finally, he would like to convey his most sincere gratitude to his parents for their encouragement and financial support throughout this work.

CONTENT

	Page
THAI ABSTRACT	IV
ENGLISH ABSTRACT	V
ACKNOWLEDGEMENT	VI
LIST OF TABLES	IX
LIST OF FIGURES	X
NOMENCLATURE	XVI
CHAPTER	
I INTRODUCTION	1
II THEORY	5
2.1 Basic Concepts of Liquid Mixing	5
2.2 Methods of Measuring Mixer Performance	19
2.3 Mixing Time Correlations	25
2.4 Radioactive Tracer Applications	26
2.5 Radiation Measurement-Statistical Considerations	30
2.6 Product Data Calculations	32
III EXPERIMENTATION	38
3.1 The Apparatus	38
3.2 Material Used	40
3.3 The Procedure	42
3.4 Additional Work	47

CONTENT (continue)

CHAPTER		Page
IV	PRESENTATION OF RESULTS AND DISCUSSIONS	58
	4.1 General	58
	4.2 Determination of Required Mixing Time Using Tracer Technique	59
	4.3 Determination of Required Mixing Time Using Conductivity Method	61
	4.4 Discussion on Results Obatained from 2 Method	61
	4.5 Effect of Rotational Speed of Impeller	61
	4.6 Effect of Type of Impeller	62
	4.7 Effect of Impeller Position	62
	4.8 Effect of Baffle	62
	4.9 Discussion on Additional Work	63
V	CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	100
	5.1 Conclusions	100
	5.2 Recommendations	102
	REFERENCES	103
	ANNEXS	105
	I SAMPLES OF CALCULATION	106
	II AUTOBIOGRAPHY	114

LIST OF TABLES

	Page
Table	
2.1 Some Radioactive Tracer in Aquous Solutions	30
3.1 Some Properties of Main Chemical Tracer	42
4.1 Experimental Results for the Detemination of Required Mixing Time	65
4.2 Retention Time in Continuous Stirred Tank	66
4.3 Retention Time in Tubular Vessel	66
A.1 Analyzed Data from a Batch Experiment	112
A.2 Analyzed Data from a Continuous Experiment	113

LIST OF FIGURES

		Page
Figure		
2.1	Scale of Segregation and Intensity of Segregation	8
2.2	Concentration Fluctuation with Time	8
2.3	Process of Mass Transfer of Solute in a Lump ...	11
2.4	Mixing Process of a Lump of Solute with Surrounding Liquid	12
2.5	Change of L_s and I_s with Lapse of Mixing Time...	14
2.6	Relationships among Mixing Time and Dividing Action of Convection, Molecular Diffusion and Space Variables	17
2.7	Method of Measuring Fluctuations by Electrical Conductivity	21
2.8	Experimental Assembly by Schlieren Method	22
2.9	Variation of Θ_M with Change of Criteria for Sufficient Mixing	23
2.10	Composition vs. Mixing Time in 150 gal. Dough Mixer	34
2.11	Standard Diviation vs. Mixing Time in 150 gal. Dough Mixer	35
2.12	Method of Determinating Mixing Time	36
2.13 (a)	Scalar Counts from Detector No. 1	36
2.13 (b)	Scalar Counts from Detector No. 2	37
3.1	Diagram of Arrangement of Impeller and Baffles..	50
3.2	Diagram of Electrode installation	50

LIST OF FIGURES (continue)

Figure		Page
3.3	Diagram of Three Types of Considered Impeller ..	51
3.4	The Apparatus Used in Radioactive Tracer Technique	52
3.5	The Apparatus Used in Conductivity Method	53
3.6	The Apparatus Used in Continuous Stirred Tank Using Radioactive Tracer Technique	54
3.7	The Apparatus Used in Tubular Vessel Using Radioactive Tracer Technique	55
3.8	Diagram of Lead shielded Detector	56
3.9	Spectrum of ^{99m}Tc and Setting of Window Width ..	57
4.1	Calibration Curve of Radioactivity and Count Rate of ^{99m}Tc	67
4.2	Calibration Curve of Concentration of Sodium Chloride and Measured Conductivity	68
4.3	Tracer Respond Curves of Disc 6 Bladed Turbine at 8 cm , Speed of 200 rpm , and with Baffles Using Radioactive Tracer Technique	69
4.4	Tracer Respond Curves of Disc 6 Bladed Turbine at 12 cm , Speed of 300 rpm , and without Baffles Using Radioactive Tracer Technique	70
4.5	Tracer Respond Curves of Disc 6 Bladed Turbine at 8 cm , Speed of 200 rpm , and with Baffles Using Radioactive Tracer Technique	71

LIST OF FIGURES (continue)

Figure	Page
4.6	Tracer Respond Curves of Open 6 Bladed Turbine at 12 cm, Speed of 200 rpm, and without Baffles Using Radioactive Tracer Technique 72
4.7	Tracer Respond Curves of Open 6 Bladed Turbine at 8 cm, Speed of 200 rpm, and with Baffles Using Radioactive Tracer Technique 73
4.8	Tracer Respond Curves of Open 6 Bladed Turbine at 8 cm, Speed of 400 rpm, and without Baffles Using Radioactive Tracer Technique 74
4.9	Tracer Respond Curves of Pitch 6 Bladed Turbine at 12 cm, Speed of 400 rpm, and with Baffles Using Radioactive Tracer Technique 75
4.10	Tracer Respond Curves of Pitch 6 Bladed Turbine at 12 cm, Speed of 300 rpm, and with Baffles Using Radioactive Tracer Technique 76
4.11	Tracer Respond Curves of Pitch 6 Bladed Turbine at 8 cm, Speed of 200 rpm, and with Baffles Using Radioactive Tracer Technique 77
4.12	Relation of Standard Diviation of Radiation Intensity and Time of Mixing of Pitch 6 Bladed Turbine at 12 cm, Speed of 200 rpm, and with Baffles Using Radioactive Tracer Technique 78

LIST OF FIGURES (continue)

Figure		Page
4.13	Tracer Respond Curves of Disc 6 Bladed Turbine at 8 cm , Speed of 200 rpm , and with Baffles Using Conductivity Method	79
4.14	Tracer Respond Curves of Disc 6 Bladed Turbine at 12 cm , Speed of 300 rpm , and without Baffles Using Conductivity Method	80
4.15	Tracer Respond Curves of Disc 6 Bladed Turbine at 8 cm , Speed of 200 rpm , and with Baffles Using Conductivity Method	81
4.16	Tracer Respond Curves of Open 6 Bladed Turbine at 12 cm , Speed of 200 rpm , and without Baffles Using Conductivity Method	82
4.17	Tracer Respond Curves of Open 6 Bladed Turbine at 8 cm , Speed of 200 rpm , and with Baffles Using Conductivity Method	83
4.18	Tracer Respond Curves of Open 6 Bladed Turbine at 8 cm , Speed of 400 rpm , and without Baffles Using Conductivity Method	84
4.19	Tracer Respond Curves of Pitch 6 Bladed Turbine at 12 cm , Speed of 400 rpm , and with Baffles Using Conductivity Method	85

LIST OF FIGURES (continue)

		Page
Figure		
4.20	Tracer Respond Curves of Pitch 6 Bladed Turbine at 12 cm , Speed of 300 rpm , and with Baffles Using Conductivity Method	86
4.21	Tracer Respond Curves of Pitch 6 Bladed Turbine at 8 cm , Speed of 200 rpm , and with Baffles Using Conductivity Method	87
4.22	Tracer Response Curve of Continuous Stirred Tank with Disc 6 Bladed Turbine at Volumetric Flowrate of 8.85 litre/min.	88
4.23	Tracer Response Curve of Continuous Stirred Tank with Disc 6 Bladed Turbine at Volumetric Flowrate of 11.80 litre/min.	89
4.24	Tracer Response Curve of Continuous Stirred Tank with Open 6 Bladed Turbine at Volumetric Flowrate of 10.70 litre/min.	90
4.25	Tracer Response Curve of Continuous Stirred Tank with Open 6 Bladed Turbine at Volumetric Flowrate of 11.80 litre/min.	91
4.26	Tracer Response Curve of Continuous Stirred Tank with Pitch 6 Bladed Turbine at Volumetric Flowrate of 11.80 litre/min.	92

LIST OF FIGURES (continue)

Figure		Page
4.27	Tracer Response Curve of Continuous Stirred Tank with Pitch 6 Bladed Turbine at Volumetric Flowrate of 14.10 litre/min.	93
4.28	Tracer Response Curve of Tubular Vessel with 3 in. Nominal Diameter at Volumetric Flowrate of 11.80 litre/min.	94
4.29	Tracer Response Curve of Tubular Vessel with 3 in. Nominal Diameter at Volumetric Flowrate of 14.10 litre/min.	95
4.30	Tracer Response Curve of Tubular Vessel with 4 in. Nominal Diameter at Volumetric Flowrate of 5.40 litre/min.	96
4.31	Tracer Response Curve of Tubular Vessel with 4 in. Nominal Diameter at Volumetric Flowrate of 11.80 litre/min.	97
4.32	Tracer Response Curve of Tubular Vessel with 6 in. Nominal Diameter at Volumetric Flowrate of 5.40 litre/min.	98
4.33	Tracer Response Curve of Tubular Vessel with 6 in. Nominal Diameter at Volumetric Flowrate of 14.10 litre/min.	99

NOMENCLATURE

A	Interfacial area	[cm ²]
C	Concentration	[mole/cm ³]
C _o	Representative concentration	[mole/cm ³]
C _m	Mean value of concentration	[mole/cm ³]
C _{mt}	Time average of concentration	[mole/cm ³]
c	Concentration fluctuation	[mole/cm ³]
D _m	Molecular diffusion coefficient	[cm/s]
D _t	Turbulence molecular diffusion coefficient	[cm/s]
f(r)	Correlation function defined by Eq. (2.2)	[-]
I _o	Initial intensity of segregation	[-]
I _s	Intensity of segregation	[-]
k _c	Mass transfer coefficient	[cm/s]
L	Length of space	[cm]
L _D	Width of concentration blotches	[cm]
L _o	Initial scale of solute lump	[cm]
L _s	Striation distance	[cm]
L _{st}	Duration time for concentration blotches	[s]
M	Mixing index	[-]
N _M	(=Θ _M .n) Dimensionless mixing time	[-]
N	Number of population	[-]
n	Rotational speed of impeller	[s ⁻¹]
Pe	(= Re Sc) Peclet number	[-]
Re	(= V _o L _o /ν) Renolds number	[-]
Re _t	(= V _o L _o /ν _t) Turbulent Renolds number	[-]

NOMENCLATURE (continue)

Sc_t	$(= \nu_t / D_t)$ Turbulent Schmidt number	[-]
T	Duration time of observation	[s]
V	Flow velocity	[cm/s]
V_0	Representative flow velocity	[cm/s]
v	Fluctuation flow velocity	[cm/s]
X	Number of counts	[-]
\bar{X}	Mean value	[-]
x	Rectangular coordinate	[cm]
y	Rectangular coordinate	[cm]
z	Rectangular coordinate	[-]
ν	Kinematic viscosity	[cm ² /s]
ν_t	Turbulent kinematic viscosity	[cm ² /s]
σ	Standard deviation	[-]
σ_0	Initial standard deviation	[-]
σ_c	Concentration variance	[-]
τ_c	Time constant for decay eddies	[-]
θ_M	Mixing time	[s]