ภาวะที่มีผลต่อการผสมในถังกวนแบบต่อเนื่อง

นายธีรยุทธ หล่อภูมิพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-170-6

Conditions Affecting Mixing

in a Continuously Stirred Vessel

Mr.Teerayut Lorpumpun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1994

ISBN 974-584-170-6

Thesis Title	Conditions Affecting Mixing in a Continuously Stirred Vessel
By	Mr. Teerayut Lorpumpun
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Sasithorn Boon-Long, Dr. 3ieme Cycle
Thesis Co-Advisor	Dr. Jirdsak Tscheikuna, Ph.D.

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

..... Chairman

(Professor Piyasan Praserthdam, Dr.Ing.)

Sasithorn Boon-Long ..... Thesis Advisor

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

Jirdsak Tscheik ..... Thesis Co-Advisor

(Dr. Jirdsak Tscheikuna, Ph.D.)

Vichitra Chongvisal ..... Member

(Assistant Professor Vichitra Chongvisal, Ph.D.)

c516980 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: TURBULENT FLOW, CONTINUOUS STIRRED VESSEL, IMPELLER, MIXING, BAFFLE
TEERAYUT LORPUMPUN : CONDITIONS AFFECTING MIXING IN A CONTINUOUSLY STIRRED VESSEL, THESIS ADVISOR : ASST.PROF. SASITHORN BOON-LONG, DR.3IEME CYCLE, THESIS CO-ADVISOR: DR. JIRDSAK TSCHEIKUNA, PH.D. 161 PP. ISBN 974-584-170-6

The conditions affecting mixing in continuous stirred vessel was studied in standard configuration tank having inside diameter 20, 25 and 30 cm. respectively, filled with water to a height equal to the tank diameter. The feed entered at the impeller level and exited at the liquid level. Conductivity detectors were installed at the impeller level and at the exit.

The conditions affecting the mixing system were studied, the major parameters were: types of impeller (a six bladed open turbine, a six bladed disc turbine and a six bladed 45° pitch turbine), rotation speed of impeller (264.87 to 618.27 rpm.), position of the impeller (at 1/2 and 1/3 tank's diameter above tank's bottom), diameter of the impeller, direction of the six bladed 45° pitch turbine rotation, tank diameter (20, 25, 30 cm.) and the mean residence time (30, 55, 90, 125 min.).

From the results, the six bladed disc turbine at 1/3 tank's diameter above tank's bottom gave shorter residence time and mixing time. High speed of rotation of the impeller gave longer residence time but shorter mixing time. The larger the tank, the longer was the residence time. The larger the impeller diameter the shorter was the mixing time and the residence time but disturbances occurred in the system. The direction of the the six bladed 45° pitch turbine that caused the current to flow up to the liquid surface gave longer residence time but shorter mixing time than in the opposite direction. High inlet flow rate gave shorter residence time and shorter mixing time.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต Teerayut Lorpumpun.

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Sasithorn Boon-Long.

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ธีรยุทธ หล่อภูมิพันธ์ : ภาวะที่มีผลต่อการผสมในถังกวนแบบต่อเนื่อง (CONDITIONS AFFECTING MIXING IN A CONTINUOUSLY STIRRED VESSEL) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ศศิธร บุญ-หลง, อ.ที่ปรึกษาร่วม: อ.ดร.เจิดศักดิ์ ไชยคุนา, 161 หน้า. ISBN 974-584-170-6

การศึกษาภาวะที่มีผลต่อการผสมในถังกวนแบบต่อเนื่องที่มีสัดส่วนมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 20, 25 และ 30 ซม. ตามลำดับ และมีน้ำบรรจุอยู่สูงเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในถังแต่ละใบ โดยสภาวะที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบต่อเนื่องที่มีการป้อนที่ตำแหน่งใบพัด และจุดออกที่ระดับความสูงของระดับน้ำ และติดตั้งจุดวัด 2 จุด คือ ที่ระดับใบพัดและที่จุดออก

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาภาวะที่มีผลต่อการผสมในถังกวนแบบต่อเนื่องโดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากการเปลี่ยนตัวแปรในการศึกษาคือ ชนิดของใบกวน ซึ่งเป็นใบกวนชนิดกังหันแบบที่มีใบกวน 6 ใบ 3 ชนิด คือ แบบเปิด, แบบติดบนจาน และแบบใบพัดเอียง 45 องศา, ความเร็วรอบของการกวน ในช่วง 264.87-618.27 รอบต่อนาที ตำแหน่งของใบพัดกวนที่ระยะความสูงจากก้นถัง 1/2 และ 1/3 ของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของถัง ขนาดของถัง ทิศทางการหมุนของใบพัดเอียง 45 องศา อัตราการป้อนสาร และนอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองศึกษาผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดที่มีผลต่อระบบ โดยการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ เวลาที่สารอยู่ภายในถัง และเวลาที่ระบบเป็นเนื้อเดียวกัน

จากการศึกษาพบว่า ใบกวน 6 ใบแบบติดบนจานที่ตำแหน่งความสูงจากก้นถัง 1/3 ของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของถังจะให้ค่าเวลาที่สารอยู่ภายในถังและเวลาที่สารเป็นเนื้อเดียวสั้นที่สุด สำหรับถังใบใหญ่จะให้เวลาที่สารอยู่ภายในถังนานกว่าถังใบเล็ก โดยความเร็วรอบของใบพัดที่สูงจะให้ค่าเวลาที่สารอยู่ในถังนานแต่เวลาในการผสมสั้นกว่าถังใบเล็ก ในระบบที่ใช้ใบพัดขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานจะให้ค่าเวลาที่สารอยู่ภายในถังและเวลาที่สารเป็นเนื้อเดียวเร็วกว่าใบพัดมาตรฐานแต่จะเกิดความปั่นป่วนสูงกว่าทำให้ควบคุมยากกว่าระบบที่ใช้ใบพัดขนาดมาตรฐาน ทิศทางการหมุนของใบพัดเอียง 45 องศาในทิศที่ก่อให้เกิดกระแสขึ้นไปที่ผิวหน้าของเหลวจะให้ค่าเวลาที่สารอยู่ภายในถังนานกว่า แต่เวลาที่ระบบเป็นเนื้อเดียวกันสั้นกว่าทิศทางตรงกันข้ามและอัตราการไหลเข้าที่เร็วกว่าจะให้เวลาที่สารอยู่ในถังนานแต่เวลาในการผสมสั้นกว่าอัตราการไหลเข้าที่ช้ากว่า

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

Acknowledgement

The author would like to express his gratitude and deep appreciation to his advisor, Assistant Professor Dr. Sasithorn Boon-Long, and his co-advisor Dr. Jirdsak Tsheikuna, for their understanding, helpful guidance, grammar check of this report and encouragement in all aspects throughout the period of this project. In addition, he is grateful to Mrs. Onanong Kingthong, head of the Chemical Laboratory of the Department of Chemical Engineering for her permission to use the instrumentations necessary for this work as well as to Mr. Wichian Punyadee, technician of the Unit Operation Laboratory of the Department of Chemical Engineering for his permission to use the hardware instrumentation.

Furthermore the author wishes to express his gratitude to all of his laboratory partners for their helpful guidance and encouragement.

Most of all, the author would like to convey his most sincere gratitude to his parents for their love, understanding, encouragement and financial support throughout this work.

Contents

Contents (continued)

Contents (continued)

List of Tables

List of Figures

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)

Figure Page

List of Figures (continued)

Figure Page

List of Figures (continued)

Figure Page

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)

Figure Page

List of Figures (continued)

List of Figures (continued)

Nomenclature

A	Cross sectional area of the conducted matter.	($cm.^2$)
B	Baffle size	(cm.)
C	Diameter of the impeller	(cm.)
d	Impeller diameter	(mm.)
D	Inside pipe diameter	(in.)
D_i	Impeller diameter	(cm.)
D_T	Tank diameter	(in.)
E	Electromotive force	(V)
H	Velocity head	(cm./s)
H_i	Impeller height from the tank bottom	(cm.)
H_l	Liquid height	(cm.)
I	Electrical current	(A)
k	Conductivity	(Siemen/cm.)
l	Length of the conducted matter	(cm.)
L	Conductance	(mho)
N	Rotational speed of the impeller	(rpm.)
N_p	Power number	(-)
N_{Re}	Reynolds number	(-)
N_{qd}	Discharge flow rate number	(-)
P	Impeller power input	(Hp)
q	Impeller blade width.	(cm.)
q_d	Discharge flow rate	($cm.^3/s$)
q_F	Feed flow rate	($cm.^3/s$)
q_I	Internal flow rate	($cm.^3/s$)
Q	Flow rate or pumping capacity	($cm.^3/s$)
Q	Amount of Tracer	($cm.^3$)

Nomenclature (continued)

r	Impeller blade length	(cm.)
R	Scale Ratio	(-)
R	Resistance	(ohm)
Re_k	Eddy Reynolds number	(-)
s	Length of impeller blade mounted on the central disc	(cm.)
$\bar{t}$	Mean residence time	(s)
T	Tank diameter	(cm.)
v_k	Velocity scale	(-)
v	Volumetric flow rate	($cm.^3/s$)
v	Fluid velocity	(m/s)
V	Volume of the system	($cm.^3$)
W_b	Baffle width	(cm.)
Z	Liquid height	(cm.)
ε_T	Local energy dissipation rate/unit mass	(-)
λ_k	Eddy size	(-)
μ_0	Fluid viscosity	(Pa sec)
μ	Fluid viscosity	(cP)
θ	Cell constant	(-)
θ_M	Mixing time	(s)
ρ	Density of the fluid	($g/cm.^3$)
ρ_{Resis}	Specific resistance or resistivity	(Ohm-cm.)
τ	Residence Time	(s)
ν	Kinematic viscosity	($cm.^2/s$)
subscript 1, 2	Initial and final condition of scale-up method	(-)