

อิทธิพลของภาวะการปฏิบัติการต่อการผสมน้ำมันหล่อลื่น

นาย ธวัชชัย ศิริพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-241-6

ลิขสิทธิ์ของ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INFLUENCE OF OPERATING CONDITIONS ON BLENDING OF
LUBRICATING OILS

Mr. Thawatchai Sirinan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School


Chulalongkorn University

Academic Year 1997

ISBN 974-637-241-6

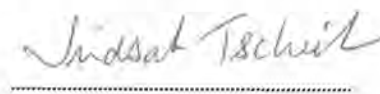
Thesis title INFLUENCE OF OPERATING CONDITIONS ON BLENDING
 OF LUBRICATING OILS
By Mr. Thawatchai Sirinan
Department Chemical Engineering
Thesis Advisor Dr. Jirdsak Tscheikuna, Ph.D.
Thesis Co-Advisor Mr. Geravat Sinthuvanichsaid, M.Sc.


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

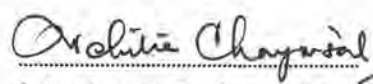
 Dean of Graduate School
.....
(Professor Supawat Chutivongse, M.D.)

Thesis Committee

 Chairman
.....
(Professor Dr. Wiwut Tanthapanichakoon, Ph.D.)

 Thesis Advisor
.....
(Dr. Jirdsak Tscheikuna, Ph.D.)

 Thesis Co-Advisor
.....
(Mr. Geravat Sinthuvanichsaid, M.Sc.)

 Member
.....
(Assistant Professor Dr. Vichitra Chongvisal, Ph.D.)

รัชชชัย คิริพันธ์ : อิทธิพลของภาวะการปฏิบัติการต่อการผสมน้ำมันหล่อลื่น

(INFLUENCE OF OPERATING CONDITIONS ON BLENDING OF LUBRICATING

OILS) อ. ที่ปรึกษา : อ.ดร. เจตศักดิ์ ไชยคุนา, อ. ที่ปรึกษาร่วม : คุณ จีรวัดน์ สินธุวณิชเศรษฐ์,

143 หน้า. ISBN 974-637-241-6

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของภาวะการปฏิบัติการที่มีผลต่อการผสมน้ำมันหล่อลื่น โดยทำการหาเวลาที่จำเป็นในการผสม โดยใช้สารประกอบแคลเซียมเป็นสารติดตาม ใช้เครื่องมือ Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) และใช้ถังผสมที่มีสัดส่วนตามมาตรฐาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 12, 25 และ 36 เซนติเมตร ชนิดของใบพัดกวนเป็นแบบ 6-Bladed disc turbine มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4, 8.3 และ 12 เซนติเมตร ตัวแปรสำคัญที่ใช้ศึกษาคือ ความเร็วรอบของใบพัดกวน ในช่วง 300 ถึง 500 รอบต่อนาที ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูป 12, 14 และ 19 เซนติสโตค อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง 60 องศาเซลเซียส

ในงานวิจัยนี้พบว่า ในการผสมน้ำมันหล่อลื่นเวลาที่จำเป็นในการผสมเป็นสัดส่วนผกผันกับจำนวนรอบ และขึ้นกับรูปแบบการไหล รวมถึงคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นด้วย และยังพบว่าที่รอบการปั่นกวน 400 รอบ จะให้เวลาของการผสมที่เหมาะสมที่สุด สามารถประหยัดระยะเวลา พลังงานที่ใช้ในการกวน นอกจากนี้จากงานวิจัยสามารถแสดงผลของการหาเวลาที่จำเป็นในการผสมในรูปตัวเลขไร้มิติ คือ

$$\tau = 0.367 R_0 + 2582.420$$

โดยสมการนี้สามารถใช้ได้เฉพาะความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูป 12, 14 และ 19 เซนติสโตค และขนาดของถังกวนต้องไม่มากกว่า 10,000 ลิตร

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา ๒๕๔๐

ลายมือชื่อนิติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C717675 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: MIXING TIME / DIFFERENT VISCOSITY / LUBRICATING OILS

THAWATCHAI SIRINAN : INFLUENCE OF OPERATING CONDITIONS ON BLENDING OF
LUBRICATING OILS. THESIS ADVISOR : JIRDSAK TSCHEIKUNA, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : MR.
GERAVAT SINTHUVANICHSAID, M.Sc. 143 pp. ISBN 974-637-241-6.

This work is intended to study of influence of operating conditions on blending of lubricating oils. The required mixing time in standard configuration tank was obtained from measurement of Ca-content by using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) as tracer technique.

The mixers were flat bottom cylindrical vessels, having insidiameters of 12, 25 and 36 cm., Impellers are 6-bladed disc turbine with 4, 8.3 and 12 cm in height. Rotation speeds of impeller vary between 300 to 500 rpm. and viscosity of finished lubricating oils @ 100°C have 12, 14 and 19 cSt. (approximately). Temperature was fixed at 60°C.

The results showed that the required mixing time was inversely proportional to rotational speed and was depended on flow pattern and physical properties of lubricating oils. The optimum mixing condition was 400 rpm. of impeller rotational speed. The required mixing time can be correlated as:

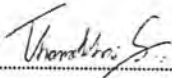
$$\tau = 0.367 R_g + 2582.420$$

This equation was only used in the range of viscosities @ 100°C vary between 12 to 19 cSt. and in large-scale equipment no greater than 10,000 litres.

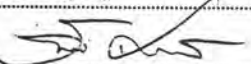
ภาควิชา..... วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา..... วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา..... 2540

ลายมือชื่อนิสิต..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 

ACKNOWLEDGEMENT

I would like to express gratitude and deep appreciation to my advisor, Dr. Jirdsak Tscheikunu and my co-advisor, Mr. Geravat Sinthuvanichsaid for their patience, helpful guidance and encouragement in all aspects throughout the period of his project. In addition, I am grateful to Prof. Dr. Wiwut Tanthapanichakoon and Assist. Prof. Dr. Vichitra Chongvisal for their comments and corrections of this manuscript. I am deeply grateful to the laboratory of The Shell Company of Thailand Co., Ltd., for the use of equipment, materials, raw materials and excellent facilities.

Furthermore I wishes to express his appreciation to Mr. Chanatphol Sripromkhun, Mr. Suvicha Bomkhuntod and Mr. Sukun Tanticharoenkiat for his technical support.

Finally, my sincere gratitude to my parents, my friends and Miss Ajin Pansantiah for their encouragement and suggestions throughout this successful thesis.

CONTENT

	Page
THAI ABSTRACT	IV
ENGLISH ABSTRACT	V
ACKNOWLEDGMENT	VI
LIST OF TABLES	VII
LIST OF FIGURES	IX
NOMENCLATURES	XII
CHAPTER	
I. INTRODUCTION	1
1.1 General	1
1.2 Lubricating oils	2
1.2.1 Base oil	2
1.2.2 Additives	3
1.3 Objective for this study	3
1.3.1 Scope of work	4
II. LITERATURE REVIEW	6
III. THEORY	13
3.1 Introduction of foaming in lubricating oils	13
3.2 Type of anti-foam agents	13
3.2.1 Dehydrating agent	14
3.2.2 Organosilicone	14
3.3 Flow patterns	16
3.4 Impeller types	17
3.4.1 Turbine agitator	17
3.4.2 Propeller agitator	17
3.4.3 Paddle agitator	20

CONTENT (Continued)

	Page
3.5 Standard tank configuration	20
3.6 Mixing time correlations	21
3.7 Product data calculations	23
3.7.1 Simplified analysis batch operation	23
3.7.2 Effect of operating conditions	27
3.8 Dimensional analysis	29
3.8.1 General equation	29
3.8.2 Similarity	30
3.8.3 Physical significance of dimensionless groups	31
3.9 Scale-up	34
3.9.1 Geometric similarity	34
3.9.2 Criteria for mixing	35
IV. PROCEDURE AND ANALYSIS TECHNIQUES	36
4.1 The Apparatus	36
4.1.1 Mixing system	36
4.1.2 Tracer measurement system	39
4.2 Chemicals	40
4.2.1 Auxilliary equipment	41
4.2.2 Digital multimeter	41
4.3 The procedure	41
4.3.1 The experiment	41
V. RESULTS AND DISCUSSIONS	44
5.1 General	44
5.2 Instrumental and Experimental error	47
5.2.1 Instrumental error	47

CONTENT (Continued)

	Page
5.2.2 Experimental error	47
5.3 Determination of required mixing time	53
5.3.1 Effect of rotational speed of impeller	58
5.3.2 Effect of tank diameter	61
5.3.3 Effect of viscosity	62
5.4 Model development	66
5.5 Optimization of energy requirements	70
5.6 Analyses physical properties of lubricating oils	71
5.7 Optimization in industrial scale	73
VI. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	75
5.1 Conclusions	75
5.2 Recommendations	76
REFERENCES	77
APPENDIX	79
A. Standard test method	80
A-1 Foaming Characteristics of Lubricating Oils	80
A-2 Kinematics Viscosity of Transparent and Opaque liquids	85
A-3 Determination of additive elements in Lubricating Oils by Inductively Coupled Plasma Optical Emission spectrometry	91
A-4 Pour Point of Petroleum Oils	96
A-5 Density, Specific Gravity of Petroleum Oils	100
B. Basic Oil Specification	104
C. Additive Specification	109
D. Viscosity / Density of lubricating oils & Temperature	116

CONTENT (Continued)

	Page
E. Location of sampling point	117
F. Samples of calculation	119
G. Data from experiments	122
I. Predict accuracy of the present general correlations	139
J. Specification of finished lubricating oils	141
VITA	143

LIST OF TABLE

Table	Page
4.1 Dimension of three standard mixing tanks	38
4.2 Details of experimental conditions	39
5.1 Physical properties of lubricating oil at various time	44
5.2 Experimental conditions	46
5.3 Precision of concentration of Ca-content at various time	48
5.4 Variation of Ca-content at various time	51
5.5 Mixing time from experiments	56
5.6 Comparison of the effect of rotational speed on mixing tank	59
5.7 Dimensionless parameters	68
5.8 The total energy consumption	70
5.9 Physical properties of lubricating oils	72
5.10 The mixing time from performance equation	73
5.11 Test result of finished lubricating oil in blending plant	74
A-1.1 Thermometer range	82
A-2.1 Viscometer type	86
A-2.2 Kinematics viscosity test thermometer	87
A-2.3 Minimum flow times	89
A-3.1 Suitable atomic emission wavelengths	94
A-4.1 Specification of thermometer for ASTM D 97	96
B-1 Specification of BASIC OIL-1	104
B-2 Specification of BASIC OIL-2	105
B-3 Specification of BASIC OIL-3	106
B-4 Specification of BASIC OIL-4	107
B-5 Specification of BASIC OIL-5	108
C-1 Specification of lubricant additive (1)	109
C-2 Specification of lubricant additive (2)	110

LIST OF TABLE (Continued)

Table	Page
C-3 Specification of lubricant additive (3)	111
C-4 Specification of lubricant additive (4)	112
C-5 Specification of lubricant additive (5)	113
C-6 Specification of lubricant additive (6)	114
C-7 Specification of lubricant additive (7)	115
D-1 Viscosity of lubricating oil at various temperature	116
D-2 Density of lubricating oil at various temperature	116
F-1 Analyzed data to find required mixing time	121
G-1(a) Data from experiment	122
G-1(b) Data from experiment	125
G-1(c) Data from experiment	127
I-1 Prediction accuracy of data from table 5.5 by correlation	140

LIST OF FIGURE

Figure	Page
1.1 Lubricating oil blending process	5
2.1 Mixing times, measured in impeller discharge for all solution used, related to impeller speed	7
2.2 The effect of impeller speed	9
2.3 The effect of the addition point	9
2.4 The effect of the impeller type	9
2.5 The measurement of time	10
2.6 Dimensionless of mixing time	11
3.1 Radial flow pattern	18
3.2 Axial flow pattern	18
3.3 Turbine impeller designs	19
3.4 Mixing propellers	19
3.5 Paddle impeller designs	20
3.6 Standard tank configuration	21
3.7 Composition & mixing time in 150 gal. dough mixer	24
3.8 Standard variation & mixing time in 150 gal. dough mixer	29
3.9 Method of determining mixing time of Kramers et al.	25
3.10(a) Scalar counts from detector No.1	25
3.10(b) Scalar counts from detector No.2	26
3.11 Tracer respond curve using radioactive technique	26
3.12 Relationship between mixing time and rotational speed (Kramers)....	28
3.13 Relationship between mixing time and rotational speed (Marr).....	28
3.14 Apparent viscosity versus shear rate	28
4.1 Standard 6-bladed disc turbine and vessel for experimental	37
4.2 Setup of impeller, liquid level, diameter of tank and sampling point ..	37
4.3 Impeller for experiment	38

LIST OF FIGURE (Continued)

Figure	Page
4.4 ICP-OES Spectrometer	40
5.1 Mixing curve of Ca-content versus a time of sampling	54
5.2 Relationship between mixing time and rotational speed	57
5.3 Flow patterns at different impeller speeds	60
5.4 Relationship between mixing time and diameter tank	64
5.5 Relationship between mixing time and viscosity	65
5.6 Dimensionless mixing time plotted against Renold number	69
5.7 Dimensionless mixing time plotted linearly against Renold number ...	69
A-1.1 Foaming test apparatus	84
A-4.1 Apparatus of Pour Point test	97
A-5.1 Hydrometer scale reading for transparent liquids	103
A-5.2 Hydrometer scale reading for Opaque liquids	103
E-2 Mixing time curve at top, middle and bottom positions	118
G-1 Mixing time curve, 12 cm diameter tank, viscosity @ 100 Deg. C = 12 cSt, speed = 300,400,500 rpm.	120
G-2 Mixing time curve, 12 cm diameter tank, viscosity @ 100 Deg. C = 14 cSt, speed = 300,400,500 rpm.	121
G-3 Mixing time curve, 25 cm diameter tank, viscosity @ 100 Deg. C = 12 cSt, speed = 300,400,500 rpm.	122
G-4 Mixing time curve, 25 cm diameter tank, viscosity @ 100 Deg. C = 14 cSt, speed = 300,400,500 rpm.	123
G-5 Mixing time curve, 36 cm diameter tank, viscosity @ 100 Deg. C = 12 cSt, speed = 300,400,500 rpm.	124
G-6 Mixing time curve, 36 cm diameter tank, viscosity @ 100 Deg. C = 1 cSt, speed = 300,400,500 rpm.	125
G-7 Mixing time curve, 12 cm diameter tank, viscosity @ 100 Deg. C = 19 cSt, speed = 300,400,500 rpm.	126

LIST OF FIGURE (Continued)

Figure	Page
G-8 Mixing time curve, 25 cm diameter tank, viscosity @ 100 Deg. C = 19 cSt, speed = 300,400,500 rpm.	127
G-9 Mixing time curve, 36 cm diameter tank, viscosity @ 100 Deg. C = 19 cSt, speed = 300,400,500 rpm.	128

NOMENCLATURE

C	Concentration	mole/cm ³
D_i	Impeller diameter	m
H_i	Impeller height from tank bottom	m
H_l	Depth of liquid in tank	m
L	Impeller blade length	m
n	Total of counts	-
N	Rotation speed of impeller	rps
N_p	Power number, $Pg/\rho N^3 D_i^5$	-
p	Pith of blades	m
P	Power dissipation	w
P_e	Peclet number, $R_e S_c$	-
ΔP	Pressure difference	Psi
R_e	Reynolds number, $\rho D_i^2 N / \mu$	-
R_i	Richardson number, $\Delta\rho g H_i / \rho N^2 D_i^2$	-
R_{io}	Modified Richardson number, $(\Delta\rho g H_i / \rho N^2 D_i^2) / (H_i/D_i)^{2.5}$	-
S	Propeller pitch	m
t_m	Mixing time	s
T	Diameter of tank	m
V	Volumn of liquid in tank	m ³
W	Impeller blade width	m
X	Number of counts	-
\bar{X}	Mean value counts	-
τ	Dimensionless mixing time, $t_m N D_i^2 S/V$	-
Δρ	Initial density difference	kg/m ³
ρ₁	Density of denser liquid	kg/m ³
ρ₂	Density of lighter liquid	kg/m ³

ν	Kinematics viscosity	cm^2/s
U	Velocity	m/s
μ	Dynamic viscosity	$\text{Pa}\cdot\text{s}$
σ	Standard deviation	-