การปรับปรุงคุณสมบัติการปล่อยฟองอากาศของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานด้วยกระบวนการเพอร์โคเลชั่น

นาย ชยุต เต็มนิธิกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538
ISBN 974-632-815-8
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20503209

IMPROVEMENT OF AIR RELEASE VALUE OF GENERAL QUALITY BASE OILS BY PERCOLATION PROCESS

MR. CHAYUTH TEMNITIKUL

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1995

ISBN 974-632-815-8

Thesis Title	Improvement of Air Release Value of General Quality Base Oils by Percolation Process
By	Chayuth Temnitikul
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Ura Pancharoen
Thesis Co-advisor	Dr. Ken Airey

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

Santi Thoongsuwan
..... Dean of Graduate School
(Associate Professor Santi Thoongsuwan,Ph.D.)

Thesis Committee

..... Chairman
(Professor Piyasan Praserthdam,Dr.Ing.)

Ura Pancharoen / Ken Airey
..... Thesis Advisor
(Associate Professor Ura Pancharoen,D.Eng.Sc.)

..... Thesis Co-advisor
(Dr. Ken Airey , Ph.D.)

Suwatana Puangperksuk
..... Member
(Associate Professor Suwatana Puangperksuk,M.Sc.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ชยุต เต็มนิธิกุล : การปรับปรุงคุณสมบัติการปล่อยฟองอากาศของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานด้วยกระบวนการเพอร์โคเลชั่น (IMPROVEMENT OF AIR RELEASE VALUE OF GENERAL QUALITY BASE OILS BY PERCOLATION PROCESS) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. อุรา ปานเจริญ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ดร. เคน แอรี่, 87 หน้า ISBN 974-632-815 -8

วัตถุประสงค์ ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ในการใช้กระบวนการเพอร์โคเลชั่น เพื่อลดคาการปล่อยฟองอากาศของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน, เพื่อหาระยะเวลาสัมผัส (contact time) ที่เหมาะสม, และศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิของน้ำมันต่อประสิทธิภาพของกระบวนการ

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้น้ำมันพื้นฐาน 6 ชนิด คือ 150 SN,. 450 SN, 500 SN และ 600 SN เพอร์โคเลชั่นคอลัมน์ถูกบรรจุด้วยบอกไซด์ (Boxxite) ปริมาตร 5 ลิตร คอลัมน์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว สูง 75 เซนติเมตร น้ำมันแต่ละชนิดถูกทำให้ร้อนในถังกวน จนมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิที่ต้องการทดสอบ (60 ^{0} C และ 100 ^{0} C) ประมาณ 5 ^{0} C จึงสูบน้ำมันผ่านคอลัมน์ของบอกไซด์ ที่อัตราการไหลต่าง ๆ กัน เพื่อให้ได้ระยะเวลาสัมผัสตามต้องการ ได้แก่ 0, 20, 40, 60, 80, 100 และ 120 นาที ตัวอย่างจะถูกดึงจากข้างล่างของคอลัมน์ หลังจากอัตราการการไหลของน้ำมันคงที่แล้ว 15 นาที ตัวอย่างที่ได้จะถูกนำไปทดสอบค่าต่าง ๆ ดังนี้คือ ค่าความหนืดที่ 40 ^{0} C ,ค่าความหนืดที่ 100 ^{0} C, ค่าดัชนีความหนืด, สี, ปริมาณซัลเฟอร์, องค์ประกอบทางเคมี และค่าการปล่อยฟองอากาศ

จากผลการทดลองพบว่าค่าการปล่อยฟองอากาศ และปริมาณซัลเฟอร์ลดลง เมื่อระยะเวลาสัมผัสนานขึ้นทั้งกรณีที่อุณหภูมิ 60 ^{0} C และ 100 ^{0} C ในขณะที่ คุณสมบัติอื่น ๆ ของน้ำมัน (ยกเว้นสี) เปลี่ยนแปลงไม่มากนัก นอกจากนี้ยังพบว่า สีของน้ำมันที่ศึกษาที่ 60 ^{0} C จะอ่อนกว่าสีของน้ำมันที่ศึกษาที่ 60 ^{0} C ทั้งนี้เนื่องจากการเสื่อมสภาพของน้ำมันที่อุณหภูมิสูงนั่นเอง เพื่อจะหลีกเลี่ยงปัญหานี้ ควรปฏิบัติ การที่อุณหภูมิ 100 ^{0} C หรือต่ำกว่า ทั้งนี้ขึ้นกับความหนืดของน้ำมันด้วย นอกจากนี้ เรายังสามารถลดระยะเวลาสัมผัส เพื่อเพิ่มอัตราการผลิต โดยลดระยะเวลาสัมผัสเหลือ 60 นาที และ เพิ่มคอลัมน์ของบอกไซด์ ต่อกันแบบอนุกรม

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

บทคัดย่อและบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เป็นการพิมพ์ตามต้นฉบับที่นักศึกษาส่งมาเท่านั้น

C317925 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: BASE OIL / AIR RELEASE VALUE / PERCOLATION PROCESS
CHAYUTH TEMNITIKUKUL : IMPROVEMENT OF AIR RELEASE VALUE OF GENERAL QUALITY BASE OILS BY PERCOLATION PROCESS. THESIS ADVISOR : ASSC. PROF. URA PANCHAROEN, D.Eng.Sc. THESIS CO-ADVISOR : DR. KEN AIREY, Ph.D. 87 pp.ISBN 974-632-815-8

The purpose of this study are to investigate the possibility of using percolation process in reducing air release value of lubricating base oils, to find the suitable contact time of the process and to study the effect of the temperature of feed oil on the effectiveness of the process.

The studies were carried out on six types of base oil such as 150SN, 450SN, 500SN and 600SN. Five litre bauxite was packed in a steel column with 6 inch in diameter and 75 cm. high. Each base oil was warmed up in the stirred heating tank until oil temperature reached at 5^{o}C above the desired temperature which were 60^{o}C and 100^{o}C respectively. Then the warm oil was forced through the bauxite column at a specific flowrate which gave the desired contact time. The experiments were run at the contact time of 0, 20, 40, 60, 80, 100 and 120 minute respectively. Samples were taken for testing after constant flowrates were achieved for 15 minute. Tests carried out on each sample were viscosity at 40^{o}C, viscosity at 100^{o}C, viscosity index, color, sulphur content, compositions and air release value at 50^{o}C.

The results showed decreasing in air release value and sulphur content for samples from both different operating temperatures while the other properties, except color, slightly changed. Colour of samples processed at 60^{o}C were significantly improved while those processed at 100^{o}C were slightly improved due to the deterioration of oil at high temperature. To avoid this problem the process should be operated at 60^{o}C or below depending on the viscosity of oil to be processed. To increase productivity, three percolation column (or more) in series may be used and operated at 60 minute of contact time.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต C. Temnitikul

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม Ken Airey

ACKNOWLEDGMENT

The author would like to express his sincere gratitude to his advisor Assoc. Prof. Dr.Ura Pancharoen and Co-advisor Dr.Ken Airey and Mr.Philip P.Beasley,The Technical Director of Castrol (Thaailand) Ltd. for invaluable adviceand support throughout his research work.

Sincere thanks are extended to Prof. Dr.Piyasan Praserthdam andAssoc. Prof. Suwatana Puangperksuk who serve as committee members.

Special thanks to Khun Montha at Chemical Engineering Department for all her helps during his study here. Thank you to Technical staff a Castrol (Thailand) Ltd. especially Khun Sakorn for the electrical works.

Greatfulthanks to his wife for understanding and encouragementthrough 5 years of his study

CONTENTS

Page

ABSTRACT IN THAI IV
ABSTRACT IN ENGLISH V
ACKNOWLEDGMENT VI
LIST OF TABLES IX
LIST OF FIGURES X

CHAPTER

1. INTRODUCTION
   - General 1
   - Rationale 2
   - Purposes of Research Study 2
   - Scope of The Study 2

2. LITERATURE REVIEW
   - Tribology 4
   - Friction 4
   - Viscosity 5
   - Lubrication
     1. Lubrication Regimes 5
     2. Hydrodynamic Lubrication 6
     3. Hydrostatic Lubrication 8
     4. Boundary Lubrication 9
     5. Externally Pressured Lubrication 11
   - Lubricating Oils
     1. Petroleum Base Oils 12
     2. Additives 15
     3. Lubricating Oils Manufacturing 16
   - Turbine Oils
     1. Gas Turbine Oils 21
     2. Steam Turbine Oils 22
     3. Water Turbine Oils 24

3. THEORY
   - Production of Petroleum Base Oils 25
     1. Distillation 25
     2. Refining 28

Page

2.1 Acid Refining 28
2.2 Solvent Refining 31
2.3 Catalytic Hydrogenation..... 33
2.4 Refining with Adsorbents..... 34
3. Deasphalting 35
4. Dewaxing 36
5. Hydrocracking 40
Percolation Process
1. Percolation by Gravity 40
2. Percolation by Pressure 41
2.1 Bulk Filters 43
2.2 Deep Bed Filtration 43
2.3 Throw-away and Repackable Cartridge..... 44
2.4 Percolation by Thermo-Syphon by pass..... 45
3. Bauxite 45

4. EXPERIMENT
Experimental Equipments 46
Experimental procedure 47
Test Methods and Test Equipments 49

5. RESULTS AND DISCUSSIONS
Discussion on The Result of 150 SN 50
Discussion on The Result of 450 SN 57
Discussion on The Result of 500 SN 64
Discussion on The Result of 600 SN 71

6. CONCLUSION 78

REFERENCES..... 79
APPENDIX
A. Automatic Houillon Viscometer..... 80
B. ARL 3410+ ICP Spectrometer..... 81
C. Perkin-Elmer 1650 FT-IR..... 82
D. Seta Air Release Value Apparatus..... 83
E. IP313 Test method for Air Release Value..... 84
VITA..... 87

LIST OF TABLES

Page

Table 2.1 Relationship between Friction and Wear..... 4
Table 3.1 Typical Properties of Lubricating oil Fractions from a Naphthenic Crude..... 28
Table 3.2 Undesireable Components of Lube Oil Fractions..... 29
Table 4.1 Physical and Chemical Properties of BaseOils before Percolation Process..... 48
Table 4.2 Test Methods and Test Equipments used for Sample Analysis..... 49
Table 5.1 Physical and Chemical Properties of Base Oil 150 SN before and after Percolation Process at 60 C. and 100 C... 51
Table 5.2 Physical and Chemical Properties of Base Oil 450 SN before and after Percolation Process at 60 C. and 100 C... 58
Table 5.3 Physical and Chemical Properties of Base Oil 500 SN before and after Percolation Process at 60 C. and 100 C... 65
Table 5.4 Physical and Chemical Properties of Base Oil 600 SN before and after Percolation Process at 60 C. and 100 C... 72

LIST OF FIGURES

Page

Figure 2.1 Friction Coefficient as Funtion of the Expression $\eta\omega/p$ for Plain Bearing(STRIBECK curve)..... 6
Figure 2.2 Pressure Changes in a Stationary Journal Bearing with and without Oil Groove..... 7
Figure 2.3 Examples of Hydrocarbons..... 13
Figure 2.4 Non-hydrocarbons..... 14
Figure 2.5 Types of Blending Agitators..... 17
Figure 2.6 Continuous Oil Blending Plant, system CORNELL..... 18
Figure 2.7 Continuous Oil Blending Plant, sytem PROPORTIONEERS..18
Figure 2.8 Continuous OilBlending Plant, system SIEMENS&HALSKE...19
Figure 2.9 Automatic blending Plant for two components and three additives..... 20
Figure 3.1 Simplified Refinery Flow-Scheme..... 26
Figure 3.2 Base Oil Production Flow Scheme..... 26
Figure 3.3 Distllation unit for the Production of four Lube Oil cuts from Naphthenic Crude Oil..... 27
Figure 3.4 Batch Acid Refining..... 30
Figure 3.5 Continuous Acid Refining..... 32
Figure 3.6 Hydrotreating Process(Gulfinishing)..... 34
Figure 3.7 IFP Lube , Wax and specialty Oil Hydrotrating..... 35
Figure 3.8 Propane Deasphalting..... 36
Figure 3.9 Solvent Deasphalting..... 37
Figure 3.10 Catalytic Dewaxing..... 38
Figure 3.11 Ketone Dewaxing..... 38
Figure 3.12 Di-Me Solvent and Wax Deoiling..... 38
Figure 3.13 Schematic diagram of Gravity-Percolation Refining Apparatus..... 41
Figure 3.14 Bulk Clay Filter..... 43
Figure 3.15 Three-clay Tower System..... 42
Figure 3.16 Fuller's Earth Cartridge Filters..... 44
Figure 4.1 Laboratory scale Percolation Column Equipment..... 47
Figure 5.1 Air Release Value of 150 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 52
Figure 5.2 Sulphur content of 150 SN after Percolation Proess at various contact time and different

Page

Temperature , 60 C. and 100 C. 53
Figure 5.4 Viscosity and Viscosity index of 150 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 54
Figure 5.3 Compositionss of 150 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 55
Figure 5.5 Color of 150 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 56
Figure 5.6 Air Release Value of .450 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 58
Figure 5.7 Sulphur content of 450 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 59
Figure 5.8 Viscosity and Viscosity index of 450 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 60
Figure 5.9 Compositionss of 450 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 61
Figure 5.10 Color of 450 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 62
Figure 5.11 Air Release Value of 500 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 64
Figure 5.12 Sulphur content of 500 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 65
Figure 5.13 Viscosity and Viscosity index of 500 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 66
Figure 5.14 Compositionss of 500 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 67
Figure 5.15 Color of 500 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 68

Page

Figure 5.16 Air Release Value of 600 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 70
Figure 5.17 Sulphur content of 600 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 71
Figure 5.18 Viscosity and Viscosity index of 600 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 72
Figure 5.19 Compositionss of 600 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 73
Figure 5.20 Color of 600 SN after Percolation Proess at various contact time and different Temperature , 60 C. and 100 C. 74