ผลของสารเพิ่มดัชนีความหนืดและส่วนผสมน้ำมันพื้นฐาน ต่อสมบัติน้ำมันหล่อลื่นสำหรับรถจักรยานยนต์สี่จังหวะ

นางสาววรรณา รุ่งอภิญญา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์

หลักสูตรปิโตรเคมีและวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-886-7

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF VISCOSITY MODIFIER AND BASE OIL COMPOSITION ON THE LUBRICATING PROPERTIES OF FOUR-STROKE MOTORCYCLES

Miss Wanna Rung-Aphinya

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Petrochemistry and Polymer Science

Program of Petrochemistry and Polymer Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-334-886-7

Thesis title	Effect of viscosity modifier and base oil composition on the lubricating properties of four-stroke motorcycles
By	Miss Wanna Rung-Aphinya
Department	Petrochemistry and Polymer Science
Thesis Advisor	Associate Professor Supawan Tantayanon, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Mr. Payong Chatsuksiridech, B.Eng.

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

.....Dean of Faculty of Science
(Associate Professor Wanchai Phothiphichitr, Ph.D.)

Thesis Committee

.....Chairman
(Professor Pattarapan Prasassarakich, Ph.D.)

.....Thesis Advisor
(Associate Professor Supawan Tantayanon, Ph.D.)

.....Thesis Co-Advisor
(Mr. Payong Chatsuksiridech, B.Eng.)

.....Member
(Associate Professor Sophon Roengsumran, Ph.D.)

.....Member
(Associate Professor Wimonrat Trakarnpruk, Ph.D.)

นางสาววรรณา รุ่งอภิญญา: ผลของสารเพิ่มดัชนีความหนืดและส่วนผสมน้ำมันพื้นฐานต่อสมบัติน้ำมันหล่อลื่นสำหรับรถจักรยานยนต์สี่จังหวะ (EFFECT OF VISCOSITY MODIFIER AND BASE OIL COMPOSITION ON LUBRICATING PROPERTIES OF FOUR-STROKE MOTORCYCLES) อ. ที่ปรึกษา: รศ.ดร. ศุภวรรณ ตันตยานนท์, อ. ที่ปรึกษาร่วม: นายพยงค์ ชาติสุขศิริเดช; หน้า 104. ISBN 974-334-886-7

สารเพิ่มดัชนีความหนืดประกอบด้วย เอทิลีนโพรพิลีนโคพอลิเมอร์ ไฮโดรจิเนเทตไอโซพรีนพอลิเมอร์ และไฮโดรจิเนเทตไอโซพรีนสไตรีนโคพอลิเมอร์ ได้นำมาศึกษาเปรียบเทียบสำหรับนำไปใช้ในการผลิตน้ำมันหล่อลื่นเกรดรวมของเครื่องรถจักรยานยนต์สี่จังหวะ ได้วัดผลค่าความหนืดที่อุณหภูมิสูง ค่าการไหลที่อุณหภูมิต่ำและสมบัติในการรับแรงเฉือนด้วยเครื่องดีเซลอินเจคเตอร์ริคของน้ำมันที่ประกอบขึ้นด้วยสารเพิ่มดัชนีความหนืดชนิดต่างๆ

การศึกษาพบว่าลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับอุณหภูมิต่อสมบัติของความหนืดและความสามารถในการไหลขึ้นอยู่กับผลประกอบกันของน้ำมันพื้นฐาน ชนิดและปริมาณการใช้สารเพิ่มดัชนีความหนืดพอลิเมอร์ชนิดโครงสร้างโมเลกุลรูปดาวที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงให้ประโยชน์ในเรื่องลดปริมาณการใช้สารเพิ่มดัชนีความหนืดถึง 20 เปอร์เซนต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดโอลิฟินโคพอลิเมอร์ที่ค่าความหนืดเดียวกัน นอกจากนั้นยังพบว่าพอลิเมอร์ชนิดนี้ยังส่งผลกระทบน้อยต่อค่าความหนืดที่อุณหภูมิต่ำด้วย

ผลกระทบโดยตรงของน้ำหนักโมเลกุลต่อสมบัติความทนทานในการรับแรงเฉือนพบได้จากการศึกษาของไฮโดรจิเนเทตไอโซพรีนพอลิเมอร์ชนิดโครงสร้างโมเลกุลรูปดาวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน ไฮโดรจิเนเทตไอโซพรีนพอลิเมอร์ชนิดโครงสร้างโมเลกุลรูปดาวที่มีน้ำหนักโมเลกุล 300,000 ให้ความทนทานในการรับแรงเฉือนดีกว่าสามเท่าของชนิดเอทิลีนโพรพิลีนโคพอลิเมอร์ สำหรับชนิดไฮโดรจิเนเทตไอโซพรีนสไตรีนโคพอลิเมอร์โครงสร้างเป็นแบบมีสาขามากกว่าและที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 478,000 พบว่ามีสมบัติความทนทานในการรับแรงเฉือนลักษณะคล้ายกับชนิดเอทิลีนโพรพิลีนโคพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ สารเพิ่มดัชนีความหนืดใช้ในการศึกษานี้พบว่ามีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตน้ำมันหล่อลื่นรถจักรยานยนต์สี่จังหวะและผ่านข้อกำหนดในมาตรฐาน JASO T 903

ภาควิชา.....
สาขาวิชา.....
ปีการศึกษา.....

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

4073416623 : MAJOR PETROCHEMISTRY AND POLYMER SCIENCE
KEYWORD: VISCOSITY MODIFIER, MULTIGRADE OIL
WANNA RUNG-APHINYA : EFFECT OF VISCOSITY MODIFIER AND BASE OIL COMPOSITION ON THE LUBRICATING PROPERTIES OF FOUR-STROKE MOTORCYCLE. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SUPAWAN TANTAYANON, Ph.D: THESIS CO- ADVISOR: MR. PAYONG CHATSUKSIRIDECH, B.ENG.:
pp 104 ISBN 974-334-886-7

Various viscosity modifiers including ethylene propylene copolymer, hydrogenated isoprene polymer and hydrogenated styrene isoprene copolymer were used for a comparative study aiming at their application for four-stroke motorcycle multigrade oils. The thickening effect, viscosity at low temperature and the shear stability using diesel injector rig of different viscosity modifiers were determined.

The viscosity-temperature behaviour on thickening and pumpability characteristics were found to be influenced by combination of the base oil, type and concentration of viscosity modifier. High molecular weight star type polymers gave benefits in allowing 20 % less treat rate compared to olefin copolymer in obtaining the same viscosity. They were also found to give less contribution to viscosity at low temperature.

The direct effect of shear stability property on the molecular weight observed for different molecular weight hydrogenated isoprene star polymers. Hydrogenated isoprene star polymers with molecular weight of 300,000 showed three times more shear stable than the ethylene propylene copolymer. However, more branching styrene isoprene with molecular weight greater than 478,000 showed the shear behaviour similar to the low molecular weight ethylene propylene copolymer. All viscosity modifiers included in this study were found to be suitable for use in four-stroke motorcycle application and also met the requirement of JASO T 903 standard.

ภาควิชา.....
สาขาวิชา.....
ปีการศึกษา.....2543

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

ACKNOWLEDGEMENTS

I sincerely offer my thanks to the following people for their assistance in this project; Associate Professor Supawan Tantayanon, my supervisor, and Mr. Payong Chatsuksiridech, my co-supervisor for the invaluable assistance and encouragement throughout the course.

I also would like to thank my thesis committee, Associate Professor Pattarapan Prasassarakich, Associate Professor Sophon Roengsumran and Associate Professor Wimonrat Trakarnpruk who kindly gave their valuable time to comment on my thesis.

Thanks are also for members of Castrol Limited : Mr. Phil Beasley, Mrs. Meryl Toomey and Mr. Hisamoto Aihara for supporting on technical research papers, raw materials and equipment for my project, Mr.Howard SHM Silver for his full support and encouragement during the period of difficulty.

Finally, I thank all the members of my family for their unfailing support throughout my study.

CONTENTS

Page

ABSTRACT (in Thai) iv
ABSTRACT (in English) v
ACKNOWLEDGEMENTS vi
CONTENTS vii
LIST OF TABLES x
LIST OF FIGURES xi

CHAPTER

1 INTRODUCTION 1
1.1 New standard for four-stroke motorcycle lubricant 1
1.2 Viscosity modifier in multigrade oil 2
1.3 Objective of the research 3
1.4 Scope of the research 3
2 THEORETICAL CONSIDERATION 4
2.1 Function of viscosity modifier 4
2.2 Solution property of multigrade oil 4
2.3 Thickening property 8
2.4 Shear stability 10
2.4.1 Permanent viscosity shear loss 10
2.4.2 Non-Newtonian behaviour 12
2.4.3 Percentage shear viscosity loss 13
2.5 Thermal-oxidative stability 14
2.6 Viscosity modifier chemistry 15
2.6.1 Olefin copolymer 16
2.6.2 Polymethacrylate 17
2.6.3 Hydrogenated styrene diene copolymer 17
2.7 Selection of viscosity modifier 19

Page

3 EXPERIMENTAL....21
3.1 JASO T 903 standard....21
3.2 Apparatus....23
3. 3 Experimental procedure....23
3.3.1 Preparing multigrade oil....23
3.3.1.1 Preparation and viscosity determination of light and heavy base oil fractions....24
3.3.1.2 Determination of base oil ratios for targeted kinematic viscosity at 100 °C....25
3.3.1.3 Determination of viscosity at low temperature....26
3.3.2 Determination of viscosity modifier shear stability....27

4 RESULTS AND DISCUSSIONS....28
4.1 Viscosity lift to base oil....28
4.2 Formulating multigrade oil....32
4.2.1 Determination of light and heavy base oils fraction....32
4.2.2 Cold cranking simulator viscosity test results....33
4.2.3 Effect of base oil fraction on evaporation loss....36
4.2.4 Effect of viscosity modifier on viscosity index....38
4.2.5 Effect of viscosity modifier on pour point....38
4.3 Permanent shear stability : Viscosity losses by mechanical shearing....39
4.3.1 Shear stability specification....39
4.3.2 Shear stability test results....39
4.3.3 Relative permanent viscosity loss....40
4.3.4 Effect of mechanical shear on viscosity index....44
4.3.5 Effect of mechanical shear on the cold cranking simulator viscosity....45
4.4 Molecular basis for the properties of a multigrade oil....46

Page

5 CONCLUSION AND SUGGESTION....50
5.1 Conclusion....50
5.2 Suggestion....51

REFERENCES....53

APPENDICES....57
Appendix I SAE J 300-97 Engine oil viscosity classification....57
Appendix II JASO T 903 Motorcycles four-stroke cycle gasoline engine oils....58
Appendix III Chemical and physical properties of viscosity modifiers....61
Appendix IV Chemical and physical properties of performance additive..62
Appendix V Chemical and physical properties of base oils....64
Appendix VI Calculated base oil ratios....66
Appendix VII Low temperature charateristics of targeted viscosity oil blend....74
Appendix VIII Multigrade oil blending formulations....79
Appendix IX Standard test method for diesel injector rig shear stability test....81
Appendix X Viscometric data of multigrade oils....86
Appendix XI Shear stability results of multigrade oils....89
VITA....104

LIST OF TABLES

Page

Table 2.1 Mechanical and thermal-oxidative processes of viscosity modifiers....14

Table 3.1 Physicochemical properties of JASO four-stroke motorcycle engine oils....20

Table 3.2 Targeted viscosities of formulated oil at low and high temperature tests....26

Table 4.1 Thickening efficiency of different viscosity modifiers....30

Table 4.2 Commercial viscosity modifiers used in this study....31

Table 4.3 Light base oil contents for SAE 10W/30 and 10W/40 viscosity grades....38

Table 4.4 Effect of molecular weight on pour point....39

Table 4.5 Maximum polymer concentration for dilute solution behaviour....46

LIST OF FIGURES

Page

Figure 2.1 Relationship of polymethacrylate between thickening efficiency and viscosity modifier molecular weight.....6

Figure 2.2 Relative thickening efficiencies of various chemically type viscosity modifiers.....7

Figure 2.3 Temperature dependence of polymer coil dimensions for major viscosity modifier chemistry.....9

Figure 2.4 Schematic of mechanical polymer degradation.....10

Figure 2.5 Effect of mechanical shear on molecular weight distribution.....11

Figure 2.6 General structure of available viscosity modifiers.....15

Figure 2.7 General structure of a hydrogenated polyisoprene star polymer.....18

Figure 4.1 Viscosity lift of different viscosity modifiers in 150 SN and 500 SN.30

Figure 4.2 Relative permanent viscosity loss of various oil grades.....41