

**THE EFFECT OF AN OXYGENATED ADDITIVE ON THE
EMULSIFICATION CHARACTERISTICS OF DIESEL-ETHANOL BLENDS**

Thanyatorn Isarachewa

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University and Institut Français du Pétrole

2006

ISBN 974-9937-64-3

Thesis Title: The Effect of an Oxygenated Additive on the Emulsification Characteristics of Diesel-Ethanol blends
By: Thanyatorn Isarachewa
Program: Petrochemical Technology
Thesis Advisors: Asst. Prof. Apanee Luengnaruemitchai
Captain Dr. Samai Jai-In

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

Nantaya Yanumet.
..... College Director
(Assoc. Prof. Nantaya Yanumet)

Thesis Committee:

Apanee L.
.....
(Asst. Prof. Apanee Luengnaruemitchai)

Samai Jai-In
.....
(Captain Dr. Samai Jai-In)

Pramoch R.
.....
(Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

Sarawut K.
.....
(Dr. Sarawut Kaewtathip)

ABSTRACT

4771009063: Petrochemical Technology Program

Thanyatorn Isarachewa: The Effect of an Oxygenated Additive on
The Emulsification Characteristics of Diesel-Ethanol Blends

Thesis Advisors: Asst. Prof. Apanee Luengnaruemitchai, and
Captain Dr. Samai Jai-In, 52 pp. ISBN 974-9937-64-3

Keywords: Diesel/ Ethanol/ Oxygenated Additive/ Emulsification

Since Thailand has focused on the development of alternative fuel sources to replace over-dependence on oil and reduce the pollutants emission, Diesohol (the blend between diesel, ethanol and additive) appears to be an attractive alternative fuel for diesel engines. The presence of ethanol generates different physico-chemical modifications on diesel fuel. In this research, therefore, ethyl acetate was used as a co-solvent to stabilize diesel-ethanol blends. An attempt was made to determine the optimum percentage of diesel, ethyl acetate and ethanol that gives not only acceptable fuel properties comparable to diesel fuel, but also results in lower emissions. The present study was undertaken to experimentally investigate the effects of different process variables on stability. The results showed that ethyl acetate also improves homogeneity and prevents phase separation. The blend containing a diesel, ethyl acetate and ethanol ratio of 90:5:5 has very close fuel properties compared to those of diesel fuel. Ethyl acetate addition reduces HC and CO emissions, while it causes an increase in NO_x emissions. In addition, the CO₂ and NO_x emissions were observed to increase with increasing engine load.

บทคัดย่อ

ธัญญธร อิศราชีวะ : ผลของการเติมสารเติมแต่งประเภทออกซิเจนเต และลักษณะทางอิมัลชันของการผสมน้ำมันดีเซลกับเอทานอล (The Effect of an Oxygenated Additive on the Emulsifications of Diesel-Ethanol Blends) อ.ที่ปรึกษา: ผศ. ดร. อภาณี เหลืองนฤมิตชัย และ นาวาเอก ดร. สมัย ใจอินทร์ 52 หน้า ISBN 974-9937-64-3

เนื่องจากประเทศไทยต้องแสวงหาแหล่งเชื้อเพลิงและพลังงานทดแทนจากทรัพยากรภายในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้าน้ำมันปิโตรเลียม และลดปัญหามลภาวะทางอากาศ น้ำมันดีโซฮอล์ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างน้ำมันดีเซล เอทานอลและสารเติมแต่ง เป็นพลังงานทดแทนที่สามารถใช้กับเครื่องยนต์ที่น่าสนใจทางหนึ่ง ในการผสมเอทานอลในน้ำมันดีเซลนั้นทำให้คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำมันดีเซลที่สำคัญเปลี่ยนไปบ้าง ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการเติมสารเติมแต่งคือ เอทิลอะซิเตท ลงไปเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ และช่วยให้เอทานอลละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำมันดีเซล ในส่วนการทดลองนั้นได้ศึกษาผลของสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อความเสถียร และคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำมันดีโซฮอล์ โดยเอทิลอะซิเตทจะถูกผสมกับน้ำมันดีเซลและเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ ในอัตราส่วนต่างๆ กัน ผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าเอทิลอะซิเตทสามารถช่วยป้องกันการแยกชั้นของน้ำมันดีเซลและเอทานอล นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า ที่อัตราส่วนการผสมน้ำมันดีเซล : เอทิลอะซิเตท : เอทานอล เท่ากับ 90 : 5 : 5 มีคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีโซฮอล์เทียบได้กับน้ำมันดีเซลโดยทั่วไป และการเติมเอทิลอะซิเตทจากการทดสอบ ยังช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอีกด้วย นอกจากนี้เมื่อเพิ่มภาระให้แก่เครื่องยนต์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และออกไซด์ของไนโตรเจนจะเพิ่มปริมาณสูงขึ้น

ACKNOWLEDGEMENTS

This work would not have been possible without the assistance of the following individuals and organizations.

First of all, I would like to express my sincere thankfulness to my advisors, Dr. Apanee Luengnaruemitchai and Captain Dr. Samai Jai-In, my advisors from the Royal Thai Navy, for their useful recommendations, creative comments, problem solving and encouragement throughout of my work. I also would like to thank Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit and Dr. Sarawut Kaewtathip for being my thesis committee.

I would like to thank the contribution of the Royal Chitralada Projects and Rayong Purifier Public Company Limited for kindly donating the materials used in this study, and to PTT Public Company for help in generating and analyzing data, and also Lieutenant-Commander Chalun Somapha, Chief Petty Officer Teerachai Fuenggade, Technician Arcom Sangngern and Technician Jumnong Sermsup from the Department of Naval Dockyards for their comments and supports in this project.

Finally, I would like to extend special thank all of my friends and PPC staffs who contributed in various degrees to the success of my work. Also, I would like to express my deepest gratitude to my parents and my family for their support, love and understanding.

This thesis work is partially funded by Postgraduate Education and Research Programs in Petroleum and Petrochemical Technology (PPT Consortium) and Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy Royal, Thai Government.

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
Title Page	i
Abstract (in English)	iii
Abstract (in Thai)	iv
Acknowledgements	v
Table of Contents	vi
List of Tables	ix
List of Figures	x
 CHAPTER	
I INTRODUCTION	1
 II BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW	
2.1 Historic of Oil Crisis	3
2.2 Basic Knowledge of Fuels	4
2.3 Fossil Fuel	4
2.3.1 Gasoline	5
2.1.2 Diesel	5
2.4 Liquid Biofuel	5
2.4.1 Biodiesel	6
2.4.2 Ethanol	7
2.4.3 Methanol	8
2.4.4 Buthanol	8
2.4.5 Gasohol	9
2.4.6 Diesohol	9
2.5 Basic Knowledge of Ethyl Acetate	13
2.6 Emission Characteristics	15
2.6.1 Gaseous Pollutant Emission	15
2.6.2 Emission Standard	16

CHAPTER		PAGE
III	EXPERIMENTAL	18
	3.1 Materials	18
	3.2 Experimental	18
	3.2.1 Emulsion Preparation	18
	3.2.2 Effect of Storage Temperature on Emulsion Properties	19
	3.2.3 The Physico-Chemical Properties of the Single Phase Emulsion	19
	3.2.4 Engine Test	20
IV	RESULTS AND DISCUSSION	22
	4.1 Ternary Plot Area Studied	22
	4.1.1 Tendency of Phase Behaviour at Room Temperture	22
	4.1.2 Tendency of Phase Behaviour at Various Tempertures	24
	4.2 Turbidity Measurement	26
	4.3 Fuel Properties Testing	27
	4.3.1 Density	27
	4.3.2 Viscosity	31
	4.3.3 Flash Point	28
	4.3.4 Pour Point	30
	4.3.5 Cetane Index	31
	4.3.6 Energy Content	32
	4.4 Engine Test	33
	4.4.1 CO	33
	4.4.2 NOx	35
	4.4.3 HC	38
	4.4.4 Fuel Consumption Rate	40

CHAPTER	PAGE
V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	42
5.1 Conclusions	42
5.2 Recommendations	42
REFERENCES	43
APPENDICES	46
Appendix A Specifications of Diesel Generator	46
Appendix B Fuel Properties Testing Results	47
Appendix C Engine Testing Results and Fuel Consumption Rate	48
Appendix D Specifications for Diesel Fuel	50
Appendix E Physical and Chemical Properties of Commercial Ethyl Acetate	51
CURRICULUM VITAE	52

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
4.1	Turbidity values of diesel-ethyl acetate-ethanol blended at room temperature	27

LIST OF FIGURES

FIGURE		PAGE
2.1	Oil price at 2003-2005	3
2.2	Structural formula of ethyl acetate	13
2.3	Synthesis of ethyl acetate by direct esterification	14
3.1	The diesel generator model DG3LE	21
3.2	The Motorscan Eurogas gas analyzer model 8020	21
4.1	Ternary plot area of diesel-ethanol (95% purity)-ethyl acetate at room temperature	22
4.2	Ternary plot area of diesel-ethanol (99.5% purity)-ethyl acetate at room temperature	23
4.3	Ternary plot area of diesel-ethanol (99.9% purity)-ethyl acetate at room temperature	23
4.4	Ternary plot area of diesel-ethanol (99.5% purity)-ethyl acetate at 10°C	24
4.5	Ternary plot area of diesel-ethanol (99.5% purity)-ethyl acetate at 20°C	25
4.6	Ternary plot area of diesel-ethanol (99.5% purity)-ethyl acetate at 30°C	25
4.7	Ternary plot area of diesel-ethanol (99.5% purity)-ethyl acetate at 40°C	26
4.8	Density of fuel at different concentrations	28
4.9	Viscosity of fuel at different concentrations	29
4.10	Flash point of fuel at different concentrations	30
4.11	Pour point of fuel at different concentrations	31
4.12	Cetane Index of fuel at different concentrations	32
4.13	Energy content of fuel at different concentrations	33
4.14	CO emissions of diesohol fuels of 90% diesel proportion at different engine loads	34

FIGURE		PAGE
4.15	CO emissions of diesohol fuels of 85% diesel proportion at different engine loads	34
4.16	CO emissions of diesohol fuels of 80% diesel proportion at different engine loads	35
4.17	NOx emissions of diesohol fuels of 90% diesel proportion at different engine loads	36
4.18	NOx emissions of diesohol fuels of 85% diesel proportion at different engine loads	37
4.19	NOx emissions of diesohol fuels of 80% diesel proportion at different engine loads	37
4.20	HC emissions of diesohol fuels of 90% diesel proportion at different engine loads	38
4.21	HC emissions of diesohol fuels of 85% diesel proportion at different engine loads	39
4.22	HC emissions of diesohol fuels of 80% diesel proportion at different engine loads	39
4.23	Fuel Consumption Rate of diesohol fuels of 90% diesel proportion at different engine loads	40
4.24	Fuel Consumption Rate of diesohol fuels of 85% diesel proportion at different engine loads	41
4.24	Fuel Consumption Rate of diesohol fuels of 80% diesel proportion at different engine loads	41