# THE STUDY OF POLYBENZOXAZINE AS AN ADHESIVE FOR ALUMINUM

Ms. Sawitree Buranapaiboon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment 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
and Case Western Reserve University
1996

ISBN 974-633-592-8

I17697414

| | | |
|---|---|---|
| **Thesis Title** | : | The Study of Polybenzoxazine as an Adhesive for Aluminium |
| **By** | : | Ms. Sawitree Buranapaiboon |
| **Program** | : | Polymer Science |
| **Thesis Advisors** | : | 1. Prof. Hatsuo Ishida |
| | | 2. Dr. Nantaya Yanumet |

---

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

..... Director of the College
(Prof. Somchai Osuwan)

Thesis Committee:

.....
( Prof. Hatsuo Ishida)

.....
(Dr. Nantaya Yanumet)

.....
(Dr. Suwabun Chirachanchai)

# บทคัดย่อ

สาวิตรี บูรณะไพบูลย์ : การศึกษาสารโพลีเบนซอกซาซีนด้านการใช้งานเป็นกาวสำหรับอลูมิเนียม [The Study of Polybenzoxazine as an Adhesive for Aluminum], อาจารย์ที่ปรึกษา : Prof.Hatsuo Ishida และ ดร.นันทยา ยานุเมศ, 24 หน้า, ISBN 974-633-592-8

โพลีเบนซอกซาซีน ซึ่งเป็นฟีนอลิคเรซินชนิดใหม่ได้ถูกนำมาศึกษาในด้านการเป็นกาวติดอลูมิเนียม ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คุณสมบัติทางกลของกาวโพลีเบนซอกซาซีน-อะนิลีน และกาวโพลีเบนซอกซาซีน-เมธิลเอมีน ได้จากการทดสอบโดยการดึง ผลการศึกษาพบว่า การเติมสารเอมีนเทอร์มิเนทบิวตะไดอีนอะคริโลไนตริล (ATBN) ในปริมาณน้อยสามารถปรับปรุงความแข็งแรงของกาวเบนซอกซาซีน การศึกษาความแข็งแรงของกาวโพลีเบนซอกซาซีน-เมธิลเอมีนที่ 150 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถใช้เป็นกาวสำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้

การป้องกันการกัดกร่อนของทองแดงโดยโพลีเบนซอกซาซีน-อะนิลีนในสภาพแวดล้อมที่ชื้นได้มีการศึกษา โดยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรสโคปี ด้วยเทคนิคการสะท้อนและการดูดกลืนแสง ผลการศึกษาพบว่าโพลีเบนซอกซาซีน-อะนิลีน สามารถป้องกันทองแดงจากการกัดกร่อนในสภาพแวดล้อมที่ชื้นได้

# ABSTRACT

- # # 942011 : MAJOR POLYMER SCIENCE
- KEY WORDS : POLYBENZOXAZINE/ ADHESIVE/ LAP SHEAR TEST/ CORROSION INVESTIGATION/ ALUMINUM

SAWITREE BURANAPAIBOON : THE STUDY OF POLYBENZOXAZINE AS AN ADHESIVE FOR ALUMINUM THESIS ADVISORS : PROF. HATSUO ISHIDA, DR. NANTAYA YANUMET, 24 PP.,ISBN 974-633-592-8

Polybenzoxazine, a new class of phenolic thermosetting resins, has been studied for aluminum adhesive. In this work, the mechanical property of polybenzoxazine based on aniline and on methylamine was determined by lap shear test. It was found that the incorporation of a small amount of amine terminated butadiene acrylonitrile (ATBN) improved the strength of polybenzoxazine adhesive. The shear strength of polybenzoxazine based on methylamine adhesive (B-m adhesive) was investigated at 150 $^{o}$C. The result showed that B-m adhesive has a potential to be a high temperature adhesive.

The corrosion protection of B-a on copper in humid environment was studied by Fourier transform infrared reflection-absorption spectroscopy (FTIR-RAS). It was found that B-a can protect copper from corrosion in humid environment.

# ACKNOWLEDGEMENTS

Without the many persons who have encouraged and helped me, I would never have succeeded in completing this thesis. First of all, I would like to express my sincere gratitude to my advisor, Prof. Hatsuo Ishida, for his patient guidance, understanding and constant encouragement throughout my graduate work. I will always be proud to be his student. I would like to thank Dr. Nantaya Yanumet, my co-advisor, who gave me useful suggestions. I also would like to thank all of the College staff, especially C.P.O Poon Arjpru for everything he had done for my work.

I would like to take this opportunity to thank my friends at Case Western Reserve University with special thanks to Sanong Ekasit, Sukit Limpijumnong, Burin Ruangwisut, Nitinat Supakarn, Hong Yee Low, Ratjana Srithawatpong and Kesinee Hemvichian for their generosity and encouragement when I stayed there for 3 months.

Finally, I would like to dedicate this thesis for my mom. Without her, I would never succeed at all. I am greatly indebted for her love, support and understanding.

# TABLE OF CONTENTS


| CHAPTER | | PAGE |
|---|---|---|
| | Title Page | i |
| | Abstract | iii |
| | Acknowledgements | v |
| | Table of Contents | vi |
| | List of Tables | viii |
| | List of Figures | ix |
| **I** | **INTRODUCTION** | **1** |
| 1.1 | General Review | 1 |
| 1.2 | FTIR-RAS Theory | 3 |
| 1.3 | Objectives | 6 |
| **II** | **EXPERIMENTAL** | **7** |
| 2.1 | Materials | 7 |
| 2.2 | Reaction Scheme | 7 |
| 2.3 | Synthesis Procedure | 8 |
| 2.4 | Characterization | 8 |
| 2.5 | Mechanical Testing | 9 |
| 2.6 | Corrosion Investigation | 11 |
| **III** | **RESULTS AND DISCUSSION** | **12** |
| 3.1 | Characterization | 12 |
| 3.2 | Mechanical Testing | 15 |

| CHAPTER | | PAGE |
|---|---|---|
| | 3.3 Corrosion Investigation | 20 |
| IV | **CONCLUSIONS** | **22** |
| | **REFERENCES** | **23** |

# LIST OF TABLES


| TABLE | | PAGE |
|---|---|---|
| 1 | Average shear stress, shear strain and shear modulus of B-a adhesive and B-a mixed with ATBN tested at room temperature | 15 |
| 2 | Average shear stress, shear strain and shear modulus of B-m adhesive tested at 150 °C and B-m mixed with ATBN tested at room temperature | 18 |

# LIST OF FIGURES


| FIGURE | | PAGE |
|---|---|---|
| 1.1 | Reflection absorption spectroscopy of a thin coating on a polished metal Substrate. | 4 |
| 1.2 | Incident and reflected electric vector geometries at the metal surface at grazing incidence. | 5 |
| 3.1 | SEC chromatogram of purified B-a. | 12 |
| 3.2 | FTIR spectrum of as synthesized B-a. | 13 |
| 3.3 | FTIR spectrum of purified B-a. | 14 |
| 3.4 | Shear Stress-Strain curves of pure B-a and B-a mixed with ATBN. | 16 |
| 3.5 | % ATBN vs average shear stress of B-a. | 17 |
| 3.6 | % ATBN vs average shear stress of B-m. | 19 |
| 3.7 | FTIR-RAS spectra of bare Cu after exposure to humidity at 80 °C. | 20 |
| 3.8 | FTIR-RAS spectra of B-a coated Cu after exposure to humidity at 80 °C. | 21 |