การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนในน้ำที่มีสารลดแรงตึงผิว โดยระบบการเติมอากาศแบบเทอร์ไบน์

สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาย มรุต แก้ววิชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม สหสาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2736-4

สิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ESTIMATING OXYGEN TRANSFER COEFFICIENTS IN THE PRESENCE OF SURFACTANTS USING TURBINE AERATION SYSTEM

Mr. Marut Kaewwichai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Management
Inter-Departmental Program in Environmental Management
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2002
ISBN 974-17-2736-4

Thesis Title	Estimating Oxygen Transfer Coefficients in the Presence of Surfactants Using Turbine Aeration System
By	Mr. Marut Kaewwichai
Field of study	Environmental Management
Thesis Advisor	Prof. Michael K. Stenstrom, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Khemarath Osathaphan, Ph.D.

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

..... Dean of Graduate School
(Professor Suchada Kiranandana, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman
(Assistant Professor Sutha Khaodhiar, Ph.D.)

..... Thesis Advisor
(Professor Michael K. Stenstrom, Ph.D.)

..... Thesis Co-advisor
(Khemarath Osathaphan, Ph.D.)

..... Member
(Manaskorn Rachakornkij, Ph.D.)

..... Member
(Assistant Professor Jin Anotai, Ph.D.)

มรุต แก้ววิชัย : การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนในน้ำที่มีสารลดแรงตึงผิวโดยใช้ระบบการเติมอากาศแบบเทอร์ไบน์. (ESTIMATING OXYGEN TRANSFER COEFFICIENTS IN THE PRESENCE OF SURFACTANTS USING TURBINE AERATION SYSTEM) อ. ที่ปรึกษา : Prof. Dr. Michael K. Stenstrom, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร. เขมรัฐ โอสถาพันธ์ 51 หน้า. ISBN 974-17-2736-4.

การเติมอากาศเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของระบบแบบตะกอนเร่ง ซึ่งจะช่วยเพิ่มออกซิเจนให้เพียงพอสำหรับปฏิกิริยาเมตาบอริซึมในจุลินทรีย์และการกวนในถังเติมอากาศ สารลดแรงตึงผิวในน้ำเสียเป็นปัญหาสำคัญในกระบวนการนี้ ซึ่งสารลดแรงตึงผิวนี้จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนลดลง ค่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดปัญหาด้านประสิทธิภาพและสิ้นเปลืองพลังงาน อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนที่เหมาะสมสามารถทำการศึกษาได้ โดยการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน เพื่อที่จะหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ดีที่สุดกับกำลังงานที่ใส่เข้าไป

ในการศึกษานี้ ทดลองในห้องแลป ซึ่งใช้ถังขนาด 300 ลิตร พร้อมติดตั้งระบบเติมอากาศแบบเทอร์ไบน์ ในการทดลอง ใช้น้ำประปาและมีการเติมสารลดแรงตึงผิวในปริมาณ 5, 10 และ 15 มก/ล ตามลำดับ ส่วนกำลังงานที่เข้าระบบเป็น 13.17, 26.33, 39.50 และ 52.67 วัตต์/ลบ.ม. วัดค่าออกซิเจนในน้ำระหว่างการทดลองภายใต้สภาวะไม่คงตัว ข้อมูลที่ได้นำไปคำนวณ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน โดยใช้ โปรแกรม ASCE DO Parameter Estimation Program (DO_PAR) (Lee *et al.*, 2002).

จากผลการทดลองพบว่า ค่า K_La เพิ่มขึ้น เป็นลักษณะเป็นเส้นตรง เมื่อเพิ่มกำลังงาน สำหรับการทดลองที่ใช้น้ำสะอาดและที่มีสารลดแรงตึงผิว 5 มก/ล ส่วนของการทดลองที่มีสารลดแรงตึงผิว 10 และ 15 มก/ล ค่า K_La จะลดลง เมื่อให้กำลังงานเข้าระบบที่ 39.50 และ 52.67 วัตต์/ลบ.ม.

ผลของการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า กำลังงานขนาดต่ำที่เข้าระบบ (13.17 และ 26.33 วัตต์/ลบ.ม.) ซึ่งมีปริมาณความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวแตกต่างกันไป (น้ำประปา, 5, 10 และ 15 มก/ล ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว) พบว่าสารลดแรงตึงผิวไม่มีผลกระทบต่อ ค่า K_La อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลการทดลองนี้ยังไปขัดแย้งกับงานที่ Stenstrom (1980) ได้เคยทำไว้ ดังนั้นในทางปฏิบัติ ระบบเติมอากาศแบบเทอร์ไบน์ สามารถรองรับผลกระทบของความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวต่อค่า K_La ได้อย่างเหมาะสม

สหสาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4489429920 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
KEY WORD: OXYGEN TRANSFER COEFFICIENT / TURBINE AERATION SYSTEM / SURFACTANTS / POWER INPUT

MARUT KAEWWICHAI: ESTIMATING OXYGEN TRANSFER COEFFICIENTS IN THE PRESENCE OF SURFACTANTS USING TURBINE AERATION SYSTEM. THESIS ADVISOR: PROF. MICHAEL K. STENSTROM, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : KHEMARATH OSATHAPHAN, Ph.D., 51 pp. ISBN 974-17-2736-4.

Aeration plays an important role in the activated sludge process; it supplies enough oxygen to maintain the metabolic reactions of microorganisms and provide sufficient mixing in the aeration tank. During aeration, the presence of surfactants in wastewater becomes one of the major obstacles for the process. Generally, the presence of surfactants reduced the oxygen transfer efficiency. Unsuitable estimation of the oxygen transfer rate (OTR) decreased the process efficiency and increased the cost of energy consumption. The optimum oxygen transfer rate was investigated in this study using oxygen transfer coefficient (K_La) in order to find the best transfer efficiency with suitable power inputs in the presence of surfactant.

Laboratory-scale tests were performed in a 300-L reactor equipped with a turbine aeration system in the absence and the presence of surfactants (5, 10 and 15 mg/L). Power inputs per unit volume were varied at 13.17, 26.33, 39.50 and 52.67 W/m^3. Dissolved oxygen (DO) was measured during the tests under non-steady state condition and the data was calculated for overall oxygen transfer coefficient (K_La) using ASCE DO Parameter Estimation Program (DO_PAR) (Lee *et al.*, 2002).

According to the experimental results, the K_La increased linearly with increasing power inputs for clean water and 5 mg/L of the surfactant concentrations. But for 10 and 15 mg/L of the surfactants, the K_La seemed to decrease at 39.50 and 52.67 W/m^3.

The results from this study showed that at the lower power inputs (13.17 and 26.33 W/m^3), with different surfactant concentrations (clean water, 5, 10 and 15 mg/L of surfactant concentrations), surfactant did not effect significantly on K_La values. This result contrast with what Stenstrom (1980) found. So, this turbine aeration system can handle the effect of surfactant concentrations to K_La values, practically.

Inter-department..Environmental Management..Student's signature.....
Field of study...Environmental Management...Advisor's signature.....
Academic year.....2002.....Co-advisor's signature.....

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere gratitude and appreciation to my advisor, Prof. Michael Stenstrom, for his worthy suggestions and invaluable support of this thesis. His kindness will always be remembered. I also would like to express my appreciation to Dr. Khemarath Osathaphan, my co-advisor, for his valuable advice, supervision and encouragement throughout my study. They never lack of kindness and support. I am grateful to Asst. Prof. Sutha Khaodhiar, Chairman of the committee, Dr. Manasakorn Rachakornkij and Asst. Prof. Dr. Jin Anotai, members of thesis committee for many valuable comments.

I also would like to acknowledge to all of my colleagues at the National Research Center for Environmental and Hazardous Waste Management (NRC-EHMW). All of them are so nice and always give me kind assistance, knowledge, and good cooperation. My special thanks are due to Mr. Sasin Chindanonda, my lab partner, for his great helps.

Finally, I would like to express my deepest gratitude to my parents and my sister who hearten me for this achievement.

CONTENTS

Pages

ABSTRACT IN THAI..... iv

ABSTRACT IN ENGLISH..... v

ACKNOWLEDGEMENTS..... vi

CONTENTS..... vii

LIST OF FIGURES..... x

LIST OF TABLES..... xi

NOMENCLATURES..... xii

CHAPTER 1 INTRODUCTION

1.1 General..... 1

1.2 Objectives..... 2

1.3 Scopes of the Study..... 3

CHAPTER 2 BACKGROUNDS AND LITERATURE REVIEW

2.1 Oxygen Transfer..... 4

2.1.1 Oxygen Transfer Rate..... 5

2.1.2 Effect of Temperature on Oxygen Transfer 6

2.2 Aeration System..... 6

2.2.1 Turbine Aeration..... 7

2.2.2 Aerator Performance..... 7

2.3 Surfactants..... 8

2.3.1 Effect of Surfactants on Oxygen Transfer 8

2.4 Deoxygenation..... 11

2.5 Power Input..... 12

2.5.1 Energy Dissipation in Mixing..... 12

2.5.2 Power Requirement for Mixing..... 13

CONTENTS (Cont.)

Pages

2.6 Literature Review..... 14

CHAPTER 3 METHODOLOGY

3.1 Apparatus..... 17
3.1.1 Aeration Apparatus..... 17
3.1.2 Water..... 18
3.1.3 Measurement Devices..... 18
3.1.4 Experimental Chemicals..... 19
3.1.2.1 Sodium Sulfite..... 19
3.1.2.2 Cobalt Catalyst 19
3.1.2.3 Surfactant Addition 19
3.1.5 Computer Program 19
3.1.6 Power Apparatus 20
3.1.7 Air Flow Apparatus 20
3.1.8 Power Measurement Apparatus..... 20

3.2 Experiment Procedure..... 21
3.2.1 Experiment Flowchart..... 21
3.2.2 Water Quality..... 22
3.2.2.1 Total Dissolved Solids..... 22
3.2.2.2 Temperature 22
3.2.3 System Stability..... 23
3.2.4 Addition of Deoxygenation Chemicals..... 23
3.2.2.1 Cobalt Addition..... 23
3.2.2.2 Sulfite Addition..... 23
3.2.5 Determination of Dissolved Oxygen..... 24
3.2.2.1 Location Points..... 24
3.2.2.2 Period of Dissolved Oxygen Determinations 24
3.2.2.3 Test Duration and Dissolved Oxygen Saturation 25

CONTENTS (Cont.)

Pages

3.3 Data Analysis..... 26
3.3.1 Preparation of Data for Analysis..... 26
3.3.2 Parameter Estimation..... 26
3.3.2.1 Non Linear Regression Method..... 26
3.3.3 Power Input Calculation..... 27

CHAPTER 4 RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1 Benchscale of Turbine Aeration System 28
4.2 Effect of Power Input per Unit Volume on Oxygen Transfer..... 30
4.3 Effect of Mixing Condition on Oxygen Transfer..... 32
4.4 Effect of Surfactant on Oxygen Transfer..... 33
4.5 Proposed Equations of Oxygen Transfer Coefficient as a Function of Power Input per Unit Volume and Surfactant Concentration..... 35

CHAPTER 5 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATION

5.1 Conclusions..... 36
5.2 Recommendations..... 37
5.3 Engineering Significance..... 38

REFERENCES..... 39
APPENDICES..... 41
BIOGRAPHY..... 51

LIST OF FIGURES

Pages

2.1 Dissolved Oxygen Concentrations in Equilibrium with the Atmosphere as a Function of Water Temperature..... 4

2.2 Adsorption Mechanisms..... 9

2.3 Relationship between Velocity of Bubble Rise and Bubble Diameter..... 10

2.4 DO Concentrations During a Test..... 11

3.1 Aeration Equipment 17

3.2 DO, Conductivity and pH Meters..... 18

3.3 Experimental Chemicals 19

3.4 Motor and Converter 20

3.5 Compressor and Diffuser 21

3.6 Flowchart of the Experiment..... 22

4.1 Dissolved Oxygen (DO) Experimental Data at Different Power Inputs per Unit Volume..... 29

4.2 Effect of Power Inputs on K_La Values..... 31

4.3 Effect of Turbulence on K_La Values 32

4.4 Effect of Surfactant Concentrations on K_La Values..... 34

4.5 Proposed Fitted Trend Lines for the Relationship between K_La and power input per unit Volume with Different Surfactant Concentrations..... 35

LIST OF TABLES

Pages

4.1 Average of K_La Values Obtained for This Study..... 30

4.2 Proposed Equations for Estimating K_La as a Function of Power Input at Difference Surfactant Concentrations..... 36

NOMENCLATURES

AE	=	aeration efficiency
DO	=	dissolved oxygen
DSS	=	dodecyl sodium sulfate
K_La	=	oxygen transfer coefficient
OTE	=	oxygen transfer efficiency
OTR	=	oxygen transfer rate
RPMs	=	revolution per minute
SAA	=	surface active agents
SAE	=	standard aeration efficiency
SOTE	=	standard oxygen transfer efficiency
SOTR	=	standard oxygen transfer rate
TDS	=	total dissolved solid