การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนในน้ำที่มีสารลดแรงตึงผิว

นายศศิน จินดานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม สหสาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2737-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ESTIMATING OXYGEN TRANSFER COEFFICIENTS IN THE PRESENCE OF SURFACTANTS

Mr.Sasin Chindanonda

A Thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Environmental Management

Inter-department Program in Environmental Management

Graduate School

Chulalongkorn Universtiy

Academic Year 2002

ISBN 974-17-2737-2

Copyright of Chulalongkorn University

Thesis Title	Estimating Oxygen Transfer Coefficients in the Presence of Surfactants
By	Mr. Sasin Chindanonda
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
(Wit Soontaranun, Ph.D.)

ศศิน จินดานนท์ : การประเมินค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนในน้ำที่มีสารลดแรงตึงผิว. (ESTIMATING OXYGEN TRANSFER COEFFICIENTS IN THE PRESENCE OF SURFACTANTS). อ. ที่ปรึกษา : PROF. MICHAEL K. STENSTROM, Ph.D., อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร. เขมรัฐ โอสถาพันธุ์ 91 หน้า.
ISBN 974-17-2737-2.

ในระบบบำบัดน้ำเสียทั่วไป การเติมอากาศเป็นขบวนการที่สำคัญสำหรับขบวนการย่อยสลายแบบแอโรบิค ขบวนการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนในน้ำจึงเป็นกลไกที่สำคัญ มีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน สารลดแรงตึงผิวที่อยู่ในน้ำเสียเป็นสิ่งหนึ่งที่ส่งผลกระทบ การคาดคะเนอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนที่มากหรือน้อยเกินไปส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบและพลังงานที่ใช้ในการทำงานระบบ การศึกษาหาค่าที่เหมาะสมต่อการเติมอากาศโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน เป็นตัวบ่งชี้เพื่อหาค่าที่มีประสิทธิภาพที่สุดต่อพลังงานที่ใช้ไป

งานวิจัยนี้ศึกษาโดยใช้แบบจำลองเครื่องเติมอากาศบนผิวน้ำโดยใช้ใบพัดสองขนาด ปริมาณความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวสามความเข้มข้นคือ 0 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และใช้พลังงานสี่ค่าคือ 13.2 26.3 39.5 และ 52.7 วัตต์ต่อลูกบาศก์เมตร ทำการวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำโดยใช้วิธีมาตรฐานตาม ASCE, 1993 เพื่อศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน โดยใช้โปรแกรมDO_PARเป็นตัววิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษาพบว่า พลังงานที่ใช้ในการเติมอากาศส่งผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน โดยค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่อพลังงานที่ใช้ในการเติมอากาศเพิ่มขึ้นในรูปแบบความสัมพันธ์แบบสมการเส้นตรง

ปริมาณความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวเป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งมีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน ที่ปริมาณความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวมาก ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนลดลง ตัวอย่างเช่น ที่กำลัง 13.2 วัตต์ต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้นจาก 0 ไปยัง 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนลดลง 57.4 เปอร์เซ็นต์ สำหรับใบพัดขนาด 15 ซ.ม. ค่าพลังงานที่เหมาะสมสามารถพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพการเติมอากาศ เมื่อใช้ใบพัดขนาด 10.7 ซ.ม. ค่าพลังงานการเติมอากาศที่เหมาะสมคือ 52.7 วัตต์ต่อลูกบาศก์เมตรทุกความเข้มข้น แต่เมื่อใช้ใบพัด 15 ซ.ม. ค่าพลังงานการเติมอากาศที่เหมาะสมคือ 52.7 26.3 และ 39.5 วัตต์ต่อลูกบาศก์เมตร ที่ความเข้มข้น 0 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

สหสาขาวิชา...การจัดการสิ่งแวดล้อม....ลายมือชื่อนิสิต.....ศศิน จินดานนท์.....
สาขาวิชา.....การจัดการสิ่งแวดล้อม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2545.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4489440720 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
KEY WORD: OXYGEN TRANSFER RATE COEFFICIENT / SURFACE AERATION SYSTEM / SURFACTANTS / POWER INPUT

SASIN CHINDANONDA: ESTIMATING OXYGEN TRANSFER COEFFICIENTS IN THE PRESENCE OF SURFACTANTS .THESIS ADVISOR: PROF. MICHAEL K. STENSTROM, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : KHEMARATH OSATHAPHAN, Ph.D., 91 pp. ISBN 974-17-2737-2.

Aeration process is an entity process for an aerobic system to provide oxygen for the microorganism. Oxygen transfer is the most important mechanism in the aeration process. Many factors affect the oxygen transfer rate. The presence of surfactants in the wastewater is one of the main reasons for the inferior of oxygen transfer. Over or under estimation of the oxygen transfer rate affects the process efficiency and energy consumption. The optimum oxygen transfer rate is investigated in this work to find the best efficiency with a suitable power input.

Laboratory scale tests of a surface aerator were performed using two sizes of three blades propeller with varying surfactant concentrations and also power inputs. Three concentrations of surfactant (0, 5, and 10 mg/L) and four values of power input (13.2, 26.3, 39.5, and 52.7 watt/m^3) were varied to observe their influences on oxygen transfer. Dissolved oxygen (DO) was measured follow with ASCE standard (ASCE, 1993), and ASCE DO Parameter Estimation Program (DO_PAR) was used to determine the K_La values.

From the experimental results, oxygen transfer coefficient was affected greatly by the power input. K_La values were increased with the increase of power input for both sizes of propeller linearly.

The presence of surfactant influenced the oxygen transfer rate. The higher surfactant concentration affected the K_La values greater than at the lower surfactant concentration. For examples, K_La value was reduced about 57.4% from 0 mg/L to 10 mg/L of surfactant concentration, for 15 cm propeller diameter at 13.2 watts/m^3.

The optimum power inputs were determined using standard aeration efficiency (SAE). For 10.7 cm propeller size, the highest SAE values for each surfactant concentration were at the highest power input (52.7 watts/m^3). But for 15 cm propeller diameter, the highest SAE values were at 52.7, 26.3, and 39.5 watts/m^3 for 0, 5, and 10 mg/L of surfactant concentration, respectively.

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 gratitude to all those who gave me the possibility to complete this research. This research is the result of two years of work whereby I have been accompanied and supported by many people. First of all, I want to thank my advisor Prof. Michael K. Stenstrom, who helps, stimulates suggestions, and encourages me in all time of research for and writing of this dissertation. I also acknowledge Dr. Khemarath Osathaphan who as my co-advisor provided constructive comment as well as great help at every step during my research time.

Greatfully thanks to many valuable advices from the committee members, Assistant Professor Sutha Khaodhiar, Chairman of committee, Dr. Manaskorn Rachakornkij, and Dr. Wit Soontaranun for their substantial comments.

I want also like to thank my friends who monitored my work and took effort in reading and providing me with valuable comments on earlier versions of this dissertation. Finally, my gratitude to my family for their patience and forbearance throughout one year of this research

CONTENTS

Pages

ABSTRACT IN THAI..... iv

ABSTRACT IN ENGLISH..... v

ACKNOWLEDGMENTS..... vi

CONTENTS..... vii

LIST OF FIGURES..... x

LIST OF TABLES..... xii

NOMENCLATURE..... xiii

CHAPTER 1 INTRODUCTION

1.1 General..... 1

1.2 Objectives..... 3

1.3 Scopes of the Study..... 4

CHAPTER 2 BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW

2.1 Theoretical Background..... 5

2.1.1 Gas Transfer..... 5

2.1.2 Oxygen Transfer..... 6

2.1.2.1 Evaluation of Oxygen Transfer Coefficient..... 6

2.1.2.2 Effect of Temperature on Oxygen Transfer Rate... 10

2.1.3 Aeration System..... 10

2.1.3.1 Mechanical Aerators..... 10

2.1.3.2 Surface Mechanical Aerators with Vertical Axis.. 11

2.1.4 Surface Active Agent..... 12

2.1.4.1 Effect of Surface Active Agent on Oxygen Transfer Rate..... 13

2.1.5 Deoxygenation..... 16

2.1.6 Calculation Power Input..... 18

CONTENTS (Cont.)

Pages

2.1.6.1 Energy Dissipation in Mixing..... 18
2.1.6.2 Power Requirement for Mixing..... 18
2.2 Literature Review..... 20

CHAPTER 3 METHODOLOGY

3.1 Material and Apparatus..... 23
3.1.1 Tank..... 23
3.1.2 Water..... 23
3.1.3 Oxygenation Device..... 24
3.1.4 Dissolved Oxygen Measurement..... 24
3.1.5 Temperature Measurement..... 25
3.1.6 Total Dissolved Solid and pH Measurement..... 25
3.1.7 Deoxygenation Chemical..... 26
3.1.7.1 Sodium Sulfite..... 26
3.1.7.2 Cobalt Catalyst..... 26
3.1.7.3 Surfactant..... 26
3.1.8 Computer Program..... 26

3.2 Procedure..... 27
3.2.1 Test Tank Geometry and Aerator Placement..... 27
3.2.2 Power Inputs..... 28
3.2.3 Water Quality..... 30
3.2.4 System Stability..... 31
3.2.5 Deoxygenation Chemicals..... 31
3.2.6 Addition of Deoxygenation Chemicals..... 32
3.2.6.1 Cobalt Addition..... 32
3.2.6.2 Sulfite Addition..... 32
3.2.7 Determination of Dissolved Oxygen at Various Points in the Tank During the Unsteady-State Test..... 32

CONTENTS (Cont.)

Pages

3.2.7.1 Location of DO Determination Points..... 33
3.2.7.2 Time of DO Determinations..... 33
3.2.7.3 Test Duration and DO Saturation..... 34
3.2.8 Dissolved Oxygen Measurements..... 35
3.2.9 Data Preparation..... 35
3.2.9.1 Preparation of Data for Analysis..... 35
3.2.9.2 Parameter Estimation..... 36
3.3 Data Analysis..... 37

CHAPTER 4 RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1 Effect of Power Inputs per Unit Volume on Oxygen Transfer for Clean Water..... 39
4.2 Effect of Mixing Condition on Oxygen Transfer for Clean Water..... 40
4.3 Effect of Surfactant on Oxygen Transfer..... 41
4.4 Effect of Power Input on Oxygen Transfer for Water with Surfactant. 43
4.5 Effect of Mixing Condition on Oxygen Transfer for Water with Surfactant..... 45
4.6 Propose Equations of Oxygen Transfer Coefficient as a Function of Power Input and Surfactant..... 47
4.7 Effect of Power Input on Standard Oxygen Transfer Rate for Water with Surfactant..... 50
4.8 Standard Aeration Efficiency as a Function of Power Input 52
4.9 Reduction in Oxygen Transfer for Water with Surfactant..... 53

CHAPTER 5 CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS FOR FUTURE WORKS

5.1 Conclusions..... 55

CONTENTS (Cont.)

Pages

5.2 Engineering Significance..... 56

5.3 Recommendations for Future Works..... 57

REFERENCES..... 58

APPENDICES..... 61

BIOGRAPHY..... 91

LIST OF FIGURES

Pages

1.1 Activated sludge process..... 2

2.1 Gas transfer..... 5

2.2 Absorbed film between Water and Air surface..... 14

2.3 Oxygen Transfer in Clean Water..... 16

2.4 Oxygen Transfer in Low SAA Concentration and Low Turbulence..... 16

2.5 Oxygen Transfer in High SAA Concentration and Low Turbulence..... 16

2.6 Oxygen Transfer in Low SAA Concentration and Low Turbulence..... 16

2.7 DO concentration during the test..... 17

3.1 Experimental Design..... 23

3.2 DO Probe, CONSORT model Z921T..... 25

3.3 Portable conductivity meter, Hatch model sension 5..... 25

3.4 Benchtop pH meter, (model sension 5, Hatch)..... 25

3.5 Surface Aerator Placement..... 27

4.1 Effect of Power Intensity on K_La Values in Clean Water for Both Aeration Tests with 10.7 cm and 15 cm Propeller Diameters..... 40

4.2 Effect of Turbulence on K_La Values in Clean Water 41

4.3 Effect of Surfactant Concentrations on K_La Values for 10.7 cm Propeller Diameter..... 42

4.4 Effect of Surfactant Concentrations on K_La Values for 15 cm Propeller Diameter..... 42

4.5 Oxygen Transfer Coefficient as a Function of Power Input and Surfactant Concentration Using 10.7 cm. Propeller Diameter..... 44

4.6 Oxygen Transfer Coefficient as a Function of Power Input and Surfactant Concentration Using 15 cm. Propeller Diameter..... 44

4.7 Oxygen Transfer Coefficient as a Function of Turbulence at 5 mg/L of Surfactant Concentration 45

4.8 Oxygen Transfer Coefficient as a Function of Turbulence at 10 mg/L of Surfactant Concentration 46

LIST OF FIGURES (Cont.)

Pages

4.9 Influence Trends for K_La by Power Input and Surfactant for 10.7 cm Propeller Diameter 47

4.10 Influence Trends for K_La by Power Input and Surfactant for 15 cm Propeller Diameter 48

4.11 Effect of SOTR as a Function of Power Input to K_La for 10.7 cm Propeller Diameter..... 51

4.12 Effect of SOTR as a Function of Power Input to K_La for 15 cm Propeller Diameter..... 51

LIST OF TABLES

Pages

3.1 Selected values of power inputs for 10.7 cm diameter propeller..... 29

3.2 Selected values of power inputs for 15 cm diameter propeller..... 29

4.1 Average K_La values obtained from DO_PAR program on the aeration experiments of 10.7 cm propeller diameter..... 38

4.2 Average K_La values obtained from DO_PAR program on the aeration experiments of 15 cm propeller diameter..... 39

4.3 Proposed equations for estimating K_La as a function of power input at different surfactant concentrations for 10.7 cm propeller diameter..... 49

4.4 Proposed equations for estimating K_La as a function of power input at different surfactant concentrations for 15 cm propeller diameter..... 49

4.5 Summary of SOTR Values in Propeller Diameter Sizes..... 50

4.6 Proposed Equations for Estimating SOTR [Kg-O2/hr] as a Function of Power Input..... 52

4.7 Summary of SAE [Kg-O_2/(Kw-hr)] Values for Each Propeller Diameter... 52

4.8 Summary of Percent Reduction of K_La Values compared with K_La of Clean Water for 10.7 cm Propeller Diameter..... 53

4.9 Summary of Percent Reduction of K_La Values compared with K_La of Clean Water for 15 cm Propeller Diameter..... 53

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