การประเมินเปรียบเทียบระบบถังปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดแบบอากาศยกกับระบบดั้งเดิมสำหรับกระบวนการไนตริฟิเคชั่นของน้ำทะเล

น.ส. นุชจรี ราศรีเกรียงไกร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3814-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I21236240

COMPARATIVE EVALUATION FLUIDIZED BED AIRLIFT BIOREACTOR WITH CONVENTIONAL SYSTEMS FOR NITRIFICATION OF SEAWATER

Miss Nucharee Rasrikrangkrai

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic year 2003

ISBN 974-17-3814-5

Thesis Title	COMPARATIVE EVALUATION FLUIDIZED BED AIRLIFT BIOREACTOR WITH CONVENTIONAL SYSTEMS FOR NITRIFICATION OF SEAWATER
By	Miss Nucharee Rasrikrangkrai
Field of Study	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Prasert Pavasant, Ph.D.

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

.....Dean of Faculty of Engineering
(Professor Somsak Panyakeow, D.Eng.)

THESIS COMMITTEE

.....Chairman
(Associate Professor Paisan Kittisupakorn, Ph.D.)

.....Thesis Advisor
(Assistant Professor Prasert Pavasant, Ph.D.)

.....Member
(Sorawit Powtongsook, Ph.D.)

.....Member
(Artiwan Chotipruk, Ph.D.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นุชจรี ราศรีเกรียงไกร: การประเมินเปรียบเทียบระบบถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดแบบอากาศยกกับระบบแบบดั้งเดิมสำหรับกระบวนการไนติฟิเคชั่นของน้ำทะเล
(COMPARATIVE EVALUATION FLUIDIZED BED AIRLIFT BIOREACTOR WITH CONVENTIONAL SYSTEMS FOR NITRIFICATION OF SEAWATER)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ ภวสันต์, 114 หน้า. ISBN 974-17-3814-5.

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงประสิทธิภาพของตัวกรองชนิดต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยตัวกรองที่ศึกษาประกอบไปด้วย ถังปฏิกรณ์เบดนิ่ง ถังปฏิกรณ์เบดนิ่งแบบอากาศยก และ ถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดแบบอากาศยก นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการทำงานของตัวกรองแบบไหลหยดซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันทั่วไปสำหรับปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่น เพื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินงานกับตัวกรองแบบอื่น ๆ งานในส่วนแรกเป็นการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมทางด้านทุทกพลศาสตร์และการถ่ายเทมวรสารระหว่างวัฏภาคของเหลวและก๊าซในตัวกรองเหล่านี้ และพบว่าค่าสัดส่วนก๊าซในระบบทุกระบบจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณก๊าซที่ป้อน โดยในระบบเบดนิ่งจะให้ค่าสัดส่วนก๊าซและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลระหว่างวัฏภาคของเหลวและก๊าซสูงที่สุด ในขณะที่ถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดแบบอากาศยกได้ประสิทธิภาพที่ต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะการทำงานของตัวกรองนี้ยังไม่เหมาะสมกับการเกิดสภาวะฟลูอิดไดซ์ และยังสังเกตุเห็นสภาวะที่แพ็คกิ้งเกาะตัวกัน เป็นสาเหตุทำให้มีค่าความดันลดสูง ซึ่งส่งผลให้พื้นที่ผิวในการถ่ายเทมวลสารระหว่างวัฏภาคของเหลวและก๊าซลดลง นอกจากนี้ฟองก๊าซจะถูกขังในแพ็คกิ้งที่เกาะตัวกันเหล่านี้ และรวมตัวกันเป็นฟองขนาดใหญ่ จึงทำให้มีความเร็วสูงและออกไปจากระบบอย่างรวดเร็ว ทำให้มีค่าสัดส่วนของก๊าซน้อย ในขณะที่ระบบอื่น ๆ ที่ทำการศึกษาฟองก๊าซที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็กกว่าระบบนี้อย่างเห็นได้ชัด ในบางกรณีศึกษาที่มีสภาวะการดำเนินงานเหมาะสมกับการเกิดฟลูอิดไดซ์ ระบบฟลูอิดไดซ์เบดจะให้พฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับถังปฏิกรณ์เบดนิ่งแบบอากาศยก

ถังปฏิกรณ์เบดนิ่งแบบอากาศยกมีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียสูงที่สุด แต่ระบบเบดนิ่งจะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีสม่ำเสมอกว่า โดยอัตราการบำบัดแอมโมเนียจะมีค่าค่อนข้างดีสำหรับทุกสภาวะการดำเนินการ ส่วนประสิทธิภาพของระบบฟลูอิดไดซ์เบดแบบอากาศยกมีค่าขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายปัจจัย ดังนี้ ที่ค่า A_d/A_r ต่ำๆ ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดแอมโมเนียน้อยมาก เนื่องจากระบบไม่สามารถอยู่ในสภาวะฟลูอิดไดซ์ได้เต็มที่ในช่วงค่าความเร็วหอเปล่าของก๊าซที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ในกรณีที่ค่า A_d/A_r สูงขึ้นระบบแบบฟลูอิดไดซ์มีสภาวะการทำงานที่ดีขึ้น ทำให้ค่าประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียสูงขึ้นด้วย แต่ค่าประสิทธิ์ภาพการบำบัดแอมโมเนียของถังปฏิกรณ์ฟลูอิดไดซ์เบดแบบอากาศยกที่ค่า A_d/A_r สูงยังมีค่าต่ำกว่าถังปฏิกรณ์เบดนิ่งแบบอากาศยกที่ A_d/A_r ต่ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต...นุชจรี ราศรีเกรียงไกร.....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2546

 # # 4470382721: MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: INTERNAL LOOP AIRLIFT BIOREACTOR/ FLUIDIZED BED AIRLIRT NITRIFICATION/ CLOSED RECIRCULATING SEAWATER SYSTEM

NUCHAREE RASRIKRANGKRAI: COMPARATIVE EVALUATION FLUIDIZED BED AIRLIRT BIOREACTOR WITH CONVENTIONAL SYSTEMS FOR NITRIFICATION OF SEAWATER.

THESIS ADVISOR: ASSISTANT PROFESSOR PRASERT PAVASANT, Ph.D.,

114 pp. ISBN 974-17-3814-5.

This work investigated the performance of various filters in the nitrification process. The modeled systems included the submerged filter, the packed bed airlift filter, the fluidized bed airlift filter. The commonly used trickling filter was also employed as a base experimental case for the purpose of comparison. Firstly, the investigation on the hydrodynamics and gas-liquid mass transfer of the various filters was carried out. It was found that the gas holdup in all the systems increased with an increase in the gas throughput to the system. The submerged filter seemed to be the best among all the systems under investigation as it provided the highest gas holdup and gas-liquid mass transfer rate. The fluidized bed airlift filter, on the other hand, was the poorest among the three filters. This was because the operating conditions employed in the nitrification process were not adequate for the perfect fluidized bed condition. Hence, there existed a "still bed condition" where a large fraction of packing was not fluidized and this caused high pressure drop in the system. This led to a larger gas bubbles which reduced the gas-liquid mass transfer area. Also the gas holdup in this filter was the lowest because large bubbles were formed which left the system more rapidly than smaller bubbles found in other systems. However, certain conditions could lead to a perfect fluidized bed condition and the performance of the system at this condition was found to be comparative to the packed bed airlift system.

In terms of nitrification rate, the packed bed airlift filter was found to be the most effective system. The removal rate from the submerged filter was observed to be relatively high at all operating conditions. The performance of fluidized bed airlift filter, however, depended on several factors. At low A_d/A_r, the system was not effective in removing ammonia. This was because the system could not reach full fluidizing condition in the range of gas superficial velocity employed in this work. Increasing A_d/A_r helped create a better fluidizing condition in this system and augmented the removal rate in the fluidized bed airlift filter. However, the specific ammonia removal rate obtained from the fluidized bed at high A_d/A_r was still lower than that obtained from the packed bed airlift filter at low A_d/A_r.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department.....Chemical Engineering.. Student's signature...นุชรี ราสริกรังกรัย

Field of study....Chemical Engineering... Advisor's signature...ประเสริฐ ผาสันต์

Academic year.....2003.....

Acknowledgements

This thesis would not have been completed without the help and supporting from many people and organizers who are gratefully acknowledgement here. I would like to express my sincere gratitude to Assistant Professor Dr. Prasert Pavasant, my advisor, for his valuable suggestion, guidance, warm encouragement and generous supervision throughout my master program. I am grateful to Associate Professor Dr. Paisan Kittisupakorn, Chairman of the committee, Assistant Dr. Sorawit Powtongsook and Assistant Dr. Artiwan Chotipruk, members of thesis committee, for many valuable comments and suggestions.

Moreover, I would like to thank P'Puud (Dr Porntip), P'Kib (Miss Siriwan), P'Ku (Mr Kunawut) P' Son (Mr Sontaya), P'Tar (Miss Patchara), P'Choo and P'Wor (Miss Worapronnee) for their kind supports and good suggestions. Many thanks are to Luck (Miss Lerdluk), Mew (Mr Jaturpone) for being helpful in everything and for their cheerfulness and loving support at all time. Special gratitude to Luck (Miss LerdLuk), Thas (Miss Thasanaprapha) and P'Air (Miss Phungjai) for sharing the night time and dinner in the laboratory. I would not have had nice rotameters for the measurement of gas velocity without the great work from N'Pai. Sincere thanks and to all members of Biochemical Engineering Laboratory and Environmental and Safety Laboratory for their cooperation and warm supports.

Finally, I would not have been able to go through the hard time during this work without my Family, my Dad, my Mom and NUT (my sister). Most importantly, Puk (Miss Teeranuch), Jack (Mr Jedsada) and Noong (Mr Waroon) who had been willing to assist and give advice as needed are deeply acknowledged.

Contents

Page

Abstract (in thai)..... iv
Abstract (in english).....v
Acknowledgments.....vi
Table of contents.....vii
List of tables.....ix
List of figures.....x
Abbreviations.....xii

Chapter 1 Introduction
1.1 Motivations.....1
1.2 Previous work at the Biochemical Engineering.....3
Laboratory, Department of Chemical Engineering,
Chulalongkorn University
1.3 Objective.....3
1.4 Scope of this work.....4

Chapter 2 Literature reviews
2.1 Backgrounds.....5
2.2 Factors controlling nitrification processes.....6
2.3 Nitrification systems.....9
2.4 Three-phase Airlift Reactor(TPAL):(Introduction).....12

Chapter 3 Meterials and Methods

3.1 Experimental setup.....49
3.2 Experimental procedures for Nitrification Experiment.....51
3.2.1 Preparation of immobilized nitrifying bacteria.....51
3.2.2 Nitrification experiment.....51
3.2.3 Nitrification Condition..... .53

3.3 Experimental measurement.....53
3.3.1 Measurements for hydrodynamic and.....53
mass transfer parameter
3.3.2 Analytical methods for measuring nitrogen compounds.....59

Chapter 4 Results and Discussion

4.1 Hydrodynamics and Mass transfer behavior..... 72
4.1.1 Gas holdups in riser and downcomer..... 72
4.1.2 Liquid velocities in the various filters.....75
4.1.3 Overall volumetric mass transfer coefficient 80
in the various filters
4.2 Nitrification performance.....81
4.2.1 Comparative performance between the four filters.....81
4.2.2 Effect of A_d/A_r to total ammonia nitrogen removal rate.....84
4.2.3 Effect of superficial gas velocity to total ammonia 85
nitrogen removal rate

Chapter 5 Conclusions and Recommendations
5.1 Summary.....101
5.2 Contributions of this work.....103
5.3 Recommendations.....104

References.....105
Biography..... 114

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

List of tables

Table Page

2.1 Specific growth rate of nitrifiers in various systems 15
2.2 Effect of temparature on specific growth rate of 16
nitrifying microorganisms
2.3A Dependency of nitrification on dissolved oxygen.....17
2.3B Saturation constant for dissolved oxygen utilization.....18
by nitrifying bacteria
2.4 Compounds giving substantial inhibition of ammonia.....19
oxidation by activated sludge in batch tests
2.5 Optimal level of various for nitrification.....20
2.6 Detail on the operation of various types of.....21
nitrification processes
2.7 Disadvantages and advantages of various nitrification processes.....26
2.8 Summary of hydrodynamic and mass transfer of three-phase..... 28
internal airlift reactor
5.1 Gas holdup, liquid velocity, and overall volumetric 101
mass transfer coefficient in all filter increased with
superficial velocity
5.2 Summarized nitrification rate.....102

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

List of figures

Figure Page

2.1 Effect of pH on nitrification rates by *Nitrosomonas* 36
and *Nitrobacter* enrichment cultures
2.2 Effect of temperature on nitrification rate compared..... 37
to the rate at 30 ^{0}C
2.3 Specific growth rate of *Nitrosomonas* at various temperature in.....38
Thames water and in sludge grown on sewage
2.4 Effect of dissolved oxygen on nitrification rate at 30 ^{0}C.....39
2.5 Effect of ammonia loading rate on biomass concentration.....40
2.6 Effect of C/N ratio on nitrification rate.....41
2.7 Variation of nitrification efficiency with salt content..... .42
2.8 Trickling filter for nitrification..... 43
2.9 Submerged filter for nitrification..... .44
2.10 Airlift bioreactor for nitrification..... ...45
2.11 Airlift bioreactor for nitrification.....46
2.12 Rotating filter for nitrification.....47
2.13 Membrane bioreactor for nitrification.....48
3.1 Fluidized bed airlift filter in this work..... 63
3.2 Packing in fluidized bed airlift 64
3.3 Packed bed airlift filter in this work.....65
3.4 Packing in packed bed airlift filter.....66
3.5 Trickling filter in this work..... .67
3.6 Submerged filter in this work..... 68
3.7 Packing in submerged filter.....69
3.8 Schematic diagram of nitrification filter employed in this work..... 70
3.9 Crushed bioball and bioball packing used in the experiments.....71
4.1 Relationship between riser gas holdup and superficial gas velocity for..... ..86
fluidized bed airlift filter, submerged filter and
packed bed airlift filter

4.2 Relationship between overall gas holdup and superficial gas..... 87
velocity for fluidized bed airlift filter, submerged filter and
packed bed airlift filter
fluidized bed airlift and packed bed airlift filter
4.3 Relationship between riser liquid velocity and superficial gas.....88
velocity for fluidized bed airlift and packed bed airlift filter
4.4 Relationship between riser liquid velocity and superficial gas velocity.....89
for fluidized bed airlift filter and packed bed airlift filter (A_d/A_r 1.57)
4.5 Relationship between riser liquid velocity and superficial gas velocity.....90
for fluidized bed airlift filter and packed bed airlift filter (A_d/A_r 2.78)
4.6 Relationship between overall volumetric mass transfer coefficient 91
for fluidized bed airlift filter, submerged filter and packed bed airlift filter
4.7 Nitrogen concentration profile in fourth and fifth batch.....92
fluidized bed airlift filter, packed bed airlift filter and submerged filter
4.8 Total ammonia removal rate for fluidized bed airlift filter,.....93
packed bed airlift filter, submerged filter and trickling filter(A_d/A_r 1.57)
4.9 Total ammonia removal rate for fluidized bed airlift filter,.....94
packed bed airlift filter, submerged filter and trickling filter (A_d/A_r 2.78)
4.10 Nitrogen concentration as a result of various superficial gas velocity.....95
in fourth batch airlift fluidized bed reactor(F) (A_d/A_r 1.57)
4.11 Nitrogen concentration as a result of various superficial gas velocity.....96
in fifth batch airlift fluidized bed reactor(F) (A_d/A_r 1.57)
4.12 Nitrogen concentration as a result of various superficial gas velocity.....97
in fourth batch submerged filter(S) (200 bioball)
4.13 Nitrogen concentration as a result of various superficial gas velocity.....98
in fifth batch submerged filter(S) (200 bioball)
4.14 Nitrogen concentration as a result of various superficial gas velocity.....99
in fourth batch airlift packed bed reactor(P) (A_d/A_r 1.57)
4.15 Nitrogen concentration as a result of various superficial gas velocity.....100
in fifth batch airlift packed bed reactor(P) (A_d/A_r 1.57)

Abbreviations

ALFB	Airlift Fluidized Bed Reactor
DO	Dissolved Oxygen
F	Fluidized Beds Airlift Filter
P	Packed Bed External Loop Airlift Bioreactor
S	Submerged Filter
T	Trickling Filter
TPAL	Three Phase Airlift Reacter
TPR	Three Phase Reactor

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย