

ผลของโครงสร้างของเครื่องปฏิกรณ์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัด

ก๊าซมลพิษด้วยกลไกการเติมอิเล็กตรอน



นาย กิตติศักดิ์ ตากฤษวิบูล

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินการตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-085-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**EFFECT OF REACTOR STRUCTURE ON REMOVAL EFFICIENCY OF
GASEOUS POLLUTANTS USING ELECTRON ATTACHMENT MECHANISM**



Mr. Kittisak Larpsuriyakul

**สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering**

Department of Chemical Engineering

Graduate School

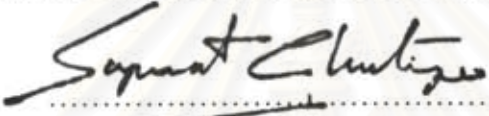
Chulalongkorn University

Academic Year 1997


ISBN 974-637-085-5


Thesis Title Effect of Reactor Structure on Removal Efficiency of
 Gaseous Pollutants Using Electron Attachment Mechanism
By Mr. Kittisak Larpsuriyakul
Department Chemical Engineering
Thesis Advisor Professor Wiwut Tanthapanichakoon


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



..... Dean of Graduate School
(Professor Supawat Chutivongse, M.D.)

Thesis Committee


..... Chairman
(Assistant Professor Vichitra Chongvisal, Ph.D.)


..... Thesis Advisor
(Professor Wiwut Tanthapanichakoon, Ph.D.)


..... Member
(Jirdsak Tscheikuna, Ph.D.)


..... Member
(Assistant Professor Tawatchai Charinpanitkul, Dr. Eng.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

กิตติศักดิ์ ภาควิชา : ผลของโครงสร้างของเครื่องปฏิกรณ์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซมลพิษด้วยกลไกการเติมอิเล็กตรอน (EFFECT OF REACTOR STRUCTURE ON REMOVAL EFFICIENCY OF GASEOUS POLLUTANTS USING ELECTRON ATTACHMENT MECHANISM) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. วิวัฒน์ ตันชะพานิชกุล : 154 หน้า. ISBN 974-637-085-5

งานวิทยานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์หนึ่งเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกำจัดก๊าซมลพิษด้วยปฏิกิริยาเติมอิเล็กตรอนเมื่ออิเล็กตรอนพลังงานต่ำที่ผลิตขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยโคโรนาถูกจับไว้โดยโมเลกุลของก๊าซชนิดอิเล็กโตรเนกาทีฟจะส่งผลให้เกิดไอออนลบขึ้น ไอออนลบที่ถูกผลิตขึ้นจะเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้าไปยังขั้วเอาโนด (ผนังของเครื่องปฏิกรณ์) และถูกกำจัดออกที่ผนังนั้น เครื่องกำจัดก๊าซมลพิษซึ่งประกอบด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยโคโรนาและเครื่องกำเนิดไฟกระแสตรงแรงดันสูงเป็นหลักได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นใช้ในการศึกษาทดลองนี้ จากผลการทดลองพบว่า เครื่องกำจัดก๊าซมลพิษนี้ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นของก๊าซมลพิษลดลง

นอกจากนี้ ผลของโครงสร้างของเครื่องปฏิกรณ์ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางของคาโรด, รูปทรงของเอาโนด (เครื่องปฏิกรณ์) และจำนวนของคาโรดที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซความเข้มข้นต่ำ 3 ชนิดคือ เมทิลไฮโอไดด์, คลอโรฟลูออโรคาร์บอนและอะเซทิลไฮโดร ได้ถูกทดลองศึกษาในงานวิจัยนี้เพื่อจะเป็นประโยชน์ต่อการขยายขนาดของเครื่องปฏิกรณ์ต่อไปในอนาคต ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าถ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคาโรดยิ่งโตขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดก็จะยิ่งสูงขึ้น ตรงกันข้าม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปฏิกรณ์ 3 เครื่องที่มีปริมาตรเท่ากันหมด พบว่าถ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องปฏิกรณ์ยิ่งเล็กลง ประสิทธิภาพการกำจัดก็จะยิ่งสูงขึ้น อนึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลของจำนวนของคาโรดในเครื่องปฏิกรณ์เครื่องเดียวกัน พบว่าเครื่องปฏิกรณ์ที่มีคาโรดเดี่ยวให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่าเครื่องปฏิกรณ์ที่มี 5 คาโรด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี.....
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี.....
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิติกร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C716990 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: GASEOUS POLLUTANT / GAS PURIFICATION / ELECTRON ATTACHMENT / CORONA DISCHARGE / REACTOR STRUCTURE

KITTISAK LARPSURIYAKUL : EFFECT OF REACTOR STRUCTURE ON REMOVAL EFFICIENCY OF GASEOUS POLLUTANTS USING ELECTRON ATTACHMENT MECHANISM. THESIS ADVISOR : PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D. 154 pp. ISBN 974-637-085-5.

One objective of the present thesis is the design and construction of a gaseous pollutant remover using electron attachment reaction. Low-energy electrons generated in the corona-discharge reactor are captured by electronegative gas molecules, producing negative ions. The ions migrate in the electric field to the anode (reactor wall) and are removed at the wall. A gaseous pollutant remover which mainly consists of the corona-discharge reactor and a high-voltage DC generator was successfully designed and constructed to carry out lab-scale experiments. From the experimental results, it has been found that a higher removal efficiency was obtained as the inlet concentration decreased.

Furthermore, the effects of the reactor structure, namely, the cathode diameter, the anode (reactor) shape and the number of cathodes on the resulting removal efficiency with respect to three dilute gaseous pollutants, methyl iodide, chlorofluorocarbon and acetaldehyde, were investigated experimentally in order to obtain useful guideline for scaling up the device in the future. The results reveal that the thicker the cathode diameter, the higher the removal efficiency. In contrast, the smaller the reactor diameter among three equivolume reactors, the higher the removal efficiency. As for the number of cathodes in a single reactor vessel, the single-cathode reactor exhibits higher removal efficiency than the 5-cathode one.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

ปีการศึกษา..... 2540.....

ลายมือชื่อนิสิต.....


ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....


ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



ACKNOWLEDGEMENT

I am gratefully indebted to so many who have helped in the completion of this thesis.

To my advisor, Prof. Wiwut Tanthapanichakoon, Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University, who motivated me to commence and proceed in this line of research work and also has given me encouraging guidance, discussion and helpful suggestions throughout the course of this work.

To Prof. Morio Okazaki and Dr. Hajime Tamon, Department of Chemical Engineering, Kyoto University, who kindly permitted me to do the research work in their lab and also made my stay in Japan fruitful and rewarding.

To my colleagues in the Department of Chemical Engineering, Kyoto University, for their hospitality and collaboration in the work. Particularly, to Mr. Noriaki Sano who has helped me patiently and kindly at all stages of the work.

To the Association of International Education Japan for invaluable financial contribution during my one-year stay (1995-1996) in Prof. Morio Okazaki's lab. To the National Research Council of Thailand for partially providing financial support to the research carried out in the Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University.

To Dr. Vichitra Chongvisal, Dr. Jirdsak Tscheikuna and Dr. Tawatchai Charinpanitkul for their stimulative comments and participation as thesis committee.

Especially, to my parents for their best and love over 27 years.

CONTENTS

	page
ABSTRACT IN THAI.....	IV
ABSTRACT IN ENGLISH.....	V
ACKNOWLEDGEMENT.....	VI
LIST OF TABLES.....	IX
LIST OF FIGURES.....	X
NOMENCLATURES.....	XII
CHAPTER	
1. INTRODUCTION.....	1
1.1 Objectives of present study.....	3
1.2 Scope of this study.....	4
2. LITERATURE REVIEW.....	5
3. FUNDAMENTAL KNOWLEDGE.....	20
3.1 Electron attachment reaction	20
3.2 Principle of gas purification.....	22
3.3 Types of reactor.....	24
3.3.1 Deposition-type reactor.....	25
3.3.2 Sweep-out-type reactor.....	25
3.3.3 Wetted-wall reactor.....	27
4. DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL APPARATUS.....	28
4.1 Experimental setup.....	28
4.2 Details of device.....	30
4.3 Analytical instruments.....	35
4.4 Operating procedure.....	36
4.5 Test run.....	36
4.6 Experimental results and discussion.....	37

	page
5. INVESTIGATION OF EFFECT OF REACTOR STRUCTURE....	39
5.1 Cathode diameter.....	40
5.2 Anode dimensions.....	46
5.3 Single vs. multiple cathodes.....	53
5.4 conclusion.....	59
6. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS.....	61
6.1 Conclusions.....	61
6.2 Recommendations for future study.....	62
REFERENCES.....	63
APPENDICES.....	74
A Experimental data of test run.....	75
B Experimental data of effect of cathode diameter.....	79
C Experimental data for effect of anode dimensions.....	103
D Experimental data for effect of number of cathodes.....	113
E Additional figures of effect of cathode diameter.....	120
F Additional figures of effect of anode dimensions.....	140
G Additional figures of effect of number of cathodes.....	148
VITA.....	154

LIST OF TABLES

	page
Table 5.1 Experimental conditions of inlet gas.....	39
Table 5.2 Experimental conditions of FID gas chromatograph	40
Table 5.3 Maximum removal efficiency observed in this study.....	60



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

		page
Figure 3.1	Principle of gas purification.....	23
Figure 3.2	Concepts of corona-discharge reactor.....	26
Figure 4.1	Arrangement of present experimental apparatus.....	28
Figure 4.2	Schematic diagram of experimental apparatus.....	29
Figure 4.3	Deposition-type corona-discharge reactor.....	31
Figure 4.4	High-voltage DC generator.....	32
Figure 4.5	Gas mixing device.....	33
Figure 4.6	Soap film flow meter.....	34
Figure 4.7	Removal efficiency of CH_3CHO from N_2 as a function of discharge current, corresponding to different inlet concentrations.....	38
Figure 5.1	Discharge current-voltage relationship for CH_3I removal from air (20% O_2).....	42
Figure 5.2	Average electric field strength/pressure as a function of discharge current for CH_3I removal from air (20% O_2).....	43
Figure 5.3	Removal efficiency of CH_3I from air (20% O_2) as a function of discharge current.....	44
Figure 5.4	Removal efficiency of CH_3I from air (20% O_2) as a function of electric power.....	45
Figure 5.5	Three different anode shapes of reactor.....	47
Figure 5.6	Removal efficiency of $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ from air (20% O_2) as a function of discharge current.....	49
Figure 5.7	Removal efficiency of $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ from air (20% O_2) as a function of electric power	50
Figure 5.8	Discharge current-voltage relationship for $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ removal from air (20% O_2).....	51

	page
Figure 5.9 Average electric field strength/pressure as a function of discharge current for $C_2Cl_3F_3$ removal from air (20% O_2).....	52
Figure 5.10 Cross sections of two types of reactor.....	54
Figure 5.11 Removal efficiency of CH_3CHO from air (20% O_2) as a function of discharge current.....	55
Figure 5.12 Removal efficiency of CH_3CHO from air (20% O_2) as a function of electric power	56
Figure 5.13 Distribution of density of electrons in reactors.....	57
Figure 5.14 Discharge current-voltage relationship for CH_3CHO removal from air (20% O_2).....	58



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NOMENCLATURES

C_{in}	= inlet concentration [ppm]
C_{out}	= outlet concentration [ppm]
E	= electric field [Vm^{-1}]
I	= discharge current [mA]
P	= power consumption [W]
p	= pressure [Pa]
R	= radius of the reactor anode [m]
R_0	= radius of the reactor cathode [m]
r	= coordinate along the radius [m]
SV	= space velocity [h^{-1}]
V	= discharge voltage [V]



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย