การย่อยสลายฟอร์มัลดีไฮด์โดยกระบวนการเฟนตันและโฟโต้เฟนตัน

นางสาวอดิศย์สุดา จำเริญสาร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4409-9

DEGRADATION OF FORMALDEHYDE BY FENTON AND PHOTO-FENTON PROCESSES

Miss Aditsuda Jamroensan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Management (Inter-Department)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2003

ISBN 974-17-4409-9

Thesis Title	Degradation of Formaldehyde by Fenton and Photo-Fenton Processes
By	Aditsuda Jamroensan
Field of Study	Environmental Management
Thesis Advisor	Assistant Professor Puangrat Kajitvichyanukul, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Professor Ming-Chun Lu, Ph.D.

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

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

THESIS COMMITTEE

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

..... Thesis Advisor
(Assistant Professor Puangrat Kajitvichyanukul, Ph.D.)

..... Thesis Co-advisor
(Professor Ming-Chun Lu, Ph.D.)

..... Member
(Associate Professor Wanpen Wirojanagud, Ph. D.)

..... Member
(Assistant Professor Jarurat Voranisarakul)

อดิศย์สุดา จำเริญสาร : การย่อยสลายฟอร์มัลดีไฮด์โดยกระบวนการเฟนตันและโฟโต้เฟนตัน. (DEGRADATION OF FORMALDEHYDE BY FENTON AND PHOTO-FENTON PROCESSES) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. พวงรัตน์ ขจิตวิชยานุกูล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : Prof. Ming-Chun Lu, Ph. D. จำนวนหน้า 111 หน้า. ISBN 974-17-4409-9.

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการย่อยสลายฟอร์มัลดีไฮด์และเมทานอล โดยกระบวนการโฟโต้เฟนตันในระดับห้องปฏิบัติการ จากผลการศึกษาพบว่าฟอร์มัลดีไฮด์และเมทานอลสลายตัวแบบ 3 ขั้นตอน โดยในช่วงแรกของปฏิกิริยามีการย่อยสลายตัวอย่างรวดเร็วหลังจากนั้นอัตราการย่อยสลายจะลดลง จากการศึกษาผลกระทบของค่าพีเอชเริ่มต้น ความเข้มข้นเริ่มต้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และเฟอรัสไอออนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่น พบว่าอัตราการย่อยสลายฟอร์มัลดีไฮด์และเมทานอลเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเฟอรัสไอออนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าพีเอชเริ่มต้นมีผลต่อปฏิกิริยาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากการศึกษาผลของเมทานอลต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเมทานอลในปฏิกิริยา ปฏิกิริยาการย่อยสลายฟอร์มัลดีไฮด์จะถูกยับยั้งอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่าที่ความเข้มข้นของเฟอรัสไอออนสูงเกินไปจะทำให้ปฏิกิริยาถูกยับยั้งเช่นกันใน งานวิจัยนี้ยังได้ศึกษาการย่อยสลายฟอร์มัลดีไฮด์โดยกระบวนการเฟนตันเพื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการโฟโต้เฟนตัน จากผลการศึกษาพบว่าแสงยูวีจะเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดสูงขึ้นที่ความเข้มข้นของเฟอรัสไอออนเท่ากับ 0.0227 โมลา ที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้ ประสิทธิภาพในการบำบัดของกระบวนการเฟนตันและโฟโต้เฟนตันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต.....Aditsuda Jamroensan.....
ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ทีปรึกษาร่วม.....

4589499920 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
KEY WORDS: FORMALDEHYDE / METHANOL / FENTON / PHOTO-FENTON / ADVANCE OXIDATION PROCESSES

ADITSUDA JAMROENSAN : DEGRADATION OF FORMALDEHYDE BY FENTON AND PHOTO-FENTON PROCESSES. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. PUANGRAT KAJITVICHYANUKUL, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : PROF. MING-CHUN LU, Ph.D., 111 pp. ISBN 974-17-4409-9.

The degradation of formaldehyde and methanol by photo-Fenton method in a lab-scale reactor was investigated. It was found that formaldehyde and methanol decomposed with three stages. At the first stage, formaldehyde and methanol decomposed very rapidly and then were gradually slowed down at the second and the third stages. Three factors including initial pH, hydrogen peroxide concentration, and ferrous ions concentration were investigated in order to demonstrate their effect on the oxidation reaction. It indicated that the rates of formaldehyde and methanol oxidation were significantly increased with the increasing concentration of hydrogen peroxide and ferrous ions. While the initial pHs had slightly effect on the oxidation rate. In addition, at the higher concentration of methanol, the oxidation reaction of formaldehyde was obviously stopped. Moreover, the hydroxyl radical inhibition was occurred at the excess concentrations of ferrous ions. In this study, Fenton process was also conducted in order to compare with photo-Fenton process. It was found that UV-light had enhanced a higher oxidation efficiency at 0.0227 M of ferrous ions. With the exceeding concentration of ferrous ions, the oxidation efficiency of Fenton and photo-Fenton were insignificantly different.

Field of study Environmental Management Student's signature Aditsuda Jamroensan
Academic year 2003 Advisor's signature .....
Co-advisor's signature .....

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my appreciation to my thesis advisor, Asst. Prof. Puangrat Kajitvichyanukul for her valuable recommendation, encouragement, and support throughout my research. I gratefully appreciate to Prof. Ming-Chun Lu, my thesis co-advisor, Asst. Prof. Sutha Khaodhiar, Chairman of the committee, Assoc. Prof. Wanpen Wirojanagud, Asst. Prof. Jarurat Voranisarakul, thesis committee for the fruitful comments and advice.

Special gratitude goes to the National Research Center for Environmental Hazardous and Waste Management, Chulalongkorn University (NRC-EHWM), all personnel, and students in the National Research Center for Environmental and Hazardous Waste Management (NRC-EHWM) Program. Furthermore, I would like to thank the authorities in laboratories, the Department of Environmental Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, and the Department of Environmental Resources Management, Chai Nan University of Pharmacy and Science, for supporting lab instruments. My grateful appriciation goes to Assoc. Prof. Meei-Fang Shue, the Department of Environmental Engineering and Health, Tajen Institute of Technology for her generosity in conducting the toxicity tests.

To my parents, I would like to extend my grate appreciation and share my success to them. Without their constant support, I will not pursue throughout my Master Degree and completely finish my entire work.

This work was supported by the Thailand Research Fund under grant no. MRG4680029, the National Science Council, Taiwan ROC under grant no. NSC 88-2211-E-041-011, and National Research Center for Environmental and Hazardous Waste Management, Chulalongkorn University (NRC-EHWM).

TABLE OF CONTENTS

LIST OF FIGURES

Figure 4.7 Influence of [Fe^{2+}
and methanol
(a) Remaining rat
time.....
(b) Remaining rat
(c) Remaining rat
(d) pH variation v
(e) Effect of [Fe^2
of formaldehy
(f) Effect of [Fe^2
of methanol o

LIST OF TABLES

NOMENCLATURE

VOC = Volatile Organic Compound

AOPs = Advanced Oxidation Processes

AOTs = Advanced Oxidation Technologies

UV = Ultraviolet

UV/H_2O_2 = Ultraviolet combined with hydrogen peroxide

UV/TiO_2 = Ultraviolet combined with titanium dioxide

Fe^{2+}/H_2O_2 = Fenton

Fe^{3+}/H_2O_2 = Fenton-like

$UV/Fe^{2+}/H_2O_2$ = Photo-Fenton

BETX = Benzene, Ethylene, Toluene, and Xylene

COD = Chemical Oxygen Demand

BOD = Biological Oxygen Demand

TOC = Total Organic Carbon

EDTA = ethylenediamine tetra acetic acid

CH_2O: H_2O_2 = Molar ratio of formaldehyde to hydrogen peroxide

CH_2O = formaldehyde

$[CH_2O]$ = Concentration of formaldehyde

CH_3OH = methanol

$[CH_3OH]$ = Concentration of methanol

r_m = Initial rate of methanol

r_f = Initial rate of methanol

r_m/r_f = Initial rate of methanol to formaldehyde

k = Rate constant

DNT = dinitrotoluene

TNT = trinitrotoluene

THM = trihalomethane

CO_2 = carbon dioxide

Fe^{2+} = ferrous ion

Fe^{3+} = ferric ion

$[Fe^{2+}]$ = Concentration of ferrous ion

H_2O_2 = hydrogen peroxide

$[H_2O_2]$	=	Concentration of hydrogen peroxide
NaOH	=	sodium hydroxyl
Na_2SO_3	=	sodium sulfite
H_2SO_4	=	sulfuric acid
$OH^{\bullet}$	=	Hydroxyl radical
HO_2^-	=	Perhydroxyl ion
OH^-	=	Hydroxide ion
H^+	=	Hydrogen ion
CO_3^{2-}	=	Carbonate ion
PO_4^{3-}	=	Phosphate ion
HCO_3^-	=	Bicarbonate ion
SS	=	Suspended Solid