

การใช้ทรายที่ถูกทิ้งจากการทำแบบหล่อเป็นตัวดูดซับ โลหะหนัก

นางสาวดวงพร ตันศิริ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม(สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-53-1141-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UTILIZATION OF FOUNDRY SAND WASTE AS HEAVY METAL SORBENT

Miss Duangporn Thunsiri

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 2004

ISBN 974-53-1141-3

Copyright of Chulalongkorn University

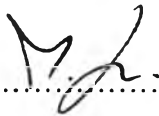
124 S.R. 2551

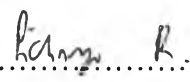
Thesis Title Utilization of Foundry Sand Waste as Heavy Metal
Sorbent
By Miss Duangporn Thunsiri
Field of Study Environmental Management
Thesis Advisor Pichaya Rachdawong, Ph.D.

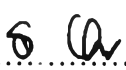
Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree


..... Dean of the Graduate School
(Assistant Professor M.R. Kalaya Tingsabadh, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

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

..... Thesis Advisor
(Pichaya Rachdawong, Ph.D.)

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

..... Member
(Khemarath Osathaphan, Ph.D.)

ดวงพร ตันศิริ: การใช้ทรายที่ถูกทิ้งจากการทำแบบหล่อเป็นตัวดูดซับโลหะหนัก.
(UTILIZATION OF FOUNDRY SAND WASTE AS HEAVY METAL
SORBENT) อ. ที่ปรึกษา: ดร. พิชญ รัชฎาวงศ์, 121 หน้า. ISBN 974-53-1141-3.


ในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมการหล่อโลหะ 494 โรงงาน ซึ่งปริมาณของทรายจากกระบวนการหล่อโลหะที่ถูกทิ้งในหลุมฝังกลบมีประมาณ 3.4 ล้านตันต่อปี ทรายจากกระบวนการหล่อโลหะมีองค์ประกอบหลักคือเหล็ก เบนโทไนท์ และฝุ่นถ่านหิน ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับโลหะหนัก วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษาคือความเป็นไปได้ในการใช้ทรายที่ถูกทิ้งจากการทำแบบหล่อเป็นตัวดูดซับโลหะหนัก เพื่อเป็นการลดปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม และยังช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียดังกล่าวอีกทางหนึ่งด้วย โดยงานวิจัยแบ่งเป็นการทดสอบค่าการชะละลายของโลหะหนัก การทดสอบการดูดซับสังกะสี และการสังเคราะห์ทรายแบบหล่อเทียมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีกับทรายแบบหล่อจริง

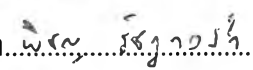
จากผลการทดสอบค่าการชะละลายของโลหะหนักพบว่าทรายจากกระบวนการหล่อโลหะสามารถนำมาใช้เป็นตัวดูดซับโลหะหนัก เนื่องจากค่าการชะละลายโลหะหนัก มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ผลการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเป็นเบสมากขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นเริ่มต้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีเท่ากับ 12.95 – 51.02 % และเพิ่มเป็น 68.75 – 92.39 % และ 68.75 – 92.39 % สำหรับค่าความเป็นกรดเบส 3.72 6.59 และ 8.01 ตามลำดับ และจากสมการการถดถอยเชิงเส้นของการนำทรายนี้นี้เป็นตัวดูดซับสังกะสีพบว่า ความสามารถในการดูดซับสังกะสีแปรผันตามปริมาณเหล็ก เบนโทไนท์ และปริมาณสารอินทรีย์ในทราย

ผลการทดสอบการสังเคราะห์ทรายแบบหล่อเทียมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีกับทรายแบบหล่อจริงพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีของทรายแบบหล่อที่สร้างขึ้นโดยมีองค์ประกอบของทรายตามทรายแบบหล่อจริงที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดมากที่สุดมีค่าสูงกว่าทรายจริงเล็กน้อย และเมื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของทรายโดยใช้ข้อมูลจากสมการการถดถอยพบว่าผลจากการทดลองใกล้เคียงกับผลที่ได้จากสมการดังกล่าว

สาขาวิชา...การจัดการสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา....2547.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4689424920: MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

KEY WORD: FOUNDRY SAND/BENTONITE/COAL DUST/ ZERO-VALENT IRON/SORPTION

DUANGPORN THUNSIRI: UTILIZATION OF FOUNDRY SAND WASTE AS HEAVY METAL SORBENT. THESIS ADVISOR: PICHAYA RACHDAWONG, Ph.D., 121 pp. ISBN 974-53-1141-3.

Waste foundry sand is one of by-products from metal casting operations. Nowadays, there are 494 foundry industries in Thailand which discard 3.4 million tons of spent sand in landfill per year. Primarily, this sand is a mixture of sand, clay, coal dust and fine residual iron particles. The objective of this study was to assess the feasibility of using waste foundry sands as a low-cost sorbent. The tests were also conducted on iron filing, bentonite and coal dust for comparison. Synthetic foundry sand was synthesized to compare the removal efficiency of zinc onto waste foundry sand and synthetic foundry sand including enhanced the removal efficiency of synthetic foundry sand by using a multivariate regression analysis to optimize the proportion of significant index parameters for the best removal efficiency. Batch experiments and analytical modeling were conducted in this work.

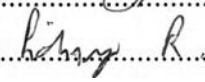
Leaching characteristics of the waste foundry sands were evaluated. The result showed that heavy metals in leachates from waste foundry sands were less than the values from the Ministry of Industry's standard. The zinc removal efficiency using initial zinc concentration 50 mg/l ranged from 12.95 – 51.02 % at initial solution pH of 3.72 and ranged from 58.74 – 84.77 % and 68.75 – 92.39 % for initial solution pH 6.59 and 8.01, respectively.

Empirical equations developed using multivariate regression indicated that sorption capacity of zinc was a function of iron content, clay content and total organic content. Particularly, high pH value enhanced zinc removal by sorption and precipitation.

Comparison between spent foundry sand and synthetic sand follow the proportion of spent sand that has the great sorptive capacity showed that the removal efficiency of zinc by synthetic sand was slightly higher than that of waste sand and zinc removed by enhanced synthetic sand was comparable with prediction from regression equation.

Field of study Environmental Management Student's signature.....

Academic year 2004

Advisor's signature..........

ACKNOWLEDGEMENTS

The completion of this thesis would not have been possible without the generous assistance and support from a number of sources. I would like to express my deepest gratitude and sincere appreciation to my advisor, Dr. Pichaya Rachdawong, for his worthy suggestions, a great encouragement, moral support and patience throughout the research work. I also gratefully thank to Dr. Manaskorn Rachakornkij, Chairman of thesis committee, Dr. Sutha Khaodhiar, and Dr. Khemarath Osathaphan, members of the thesis committee for valuable suggestions.

The author would like to thank National Research Center for Environmental and Hazardous Waste Management laboratory staffs, Ms. Ramnaree Netvichian and Ms. Chantana Intim for the research support that they provided.

The author is also grateful to all of my colleagues for their continuing friendship and helping that is enable me to complete course at Chulalongkorn University.

Last, but not the least, the author is indebted to parents and family who always give valuable support, encouragement, and the whole things, which made this study complete.

CONTENTS

	Page
ABSTRACT (THAI)	iv
ABSTRACT (ENGLISH)	v
ACKNOWLEDGMENTS	vi
CONTENTS	vii
LIST OF FIGURES	x
LIST OF TABLES	xii
NOMENCLATURE	xiv
CHAPTER I INTRODUCTION	
1.1 Statement of the problems.....	1
1.2 Objectives of the study.....	3
1.3 Hypotheses.....	3
1.3 Scopes of study.....	3
1.4 Advantages of this work.....	4
CHAPTER II BACKGROUND AND LITERATURE REVIEW	
2.1 Groundwater contamination.....	5
2.2 Permeable reactive barrier.....	7
2.3 Zinc.....	9
2.4 Natural bentonite.....	11
2.5 Zero valence iron.....	13
2.6 Influence of soil properties on mobility of contaminant...	14
2.7 Foundry sand.....	16
2.8 Binder in foundry sand.....	18
2.9 Organic addition to foundry sand.....	20
2.10 Beneficial reuse of spent foundry sand.....	23
2.11 Adsorption Isotherms.....	24
2.12 Literature review.....	27

	Page
CHAPTER III METHODOLOGY	
3.1 Model apparatus.....	30
3.2 Analytical apparatus.....	32
3.3 Materials.....	32
3.4 Analytical methods.....	38
3.5 Experimental procedures.....	39
CHAPTER IV TEST RESULTS AND DISCUSSIONS	
4.1 General.....	42
4.2 Leachability of Heavy Metals.....	42
4.3 Chemical and physical properties.....	44
4.3.1 Iron filing	44
4.3.2 Bentonites.....	44
4.3.3 Coal dust.....	46
4.3.4 Spent foundry sands.....	48
4.4 Results of batch sorption tests using iron filing, bentonites and coal dust.....	50
4.4.1 Results of batch kinetic tests.....	50
4.4.1.1 Effect of initial zinc concentration on zinc removal	55
4.4.1.2 Effect of equilibrium solution pH on zinc removal.....	57
4.5 Results of batch sorption tests using waste foundry sands..	61
4.5.1 Results of batch kinetic tests.....	61

	Page
4.5.1.1 Effect of initial zinc concentration on zinc removal	66
4.5.1.2 Effect of equilibrium solution pH on zinc removal.....	68
4.5.2 Effect of clay, iron and TOC on zinc removal.....	73
4.6 Comparison between spent sand and synthetic sand.....	74
CHAPTER V CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	
5.1 Conclusions.....	77
5.2 Recommendations	78
REFERENCES.....	80
APPENDICES.....	83
APPENDIX A.....	84
APPENDIX B.....	88
APPENDIX C.....	90
APPENDIX D.....	93
APPENDIX E.....	96
APPENDIX F.....	105
APPENDIX G.....	119
BIOGRAPHY.....	121

LIST OF FIGURES

Figure	Page
2.1 Fate of contaminant migration	5
2.2 Schematic of permeable reactive barrier	8
2.3 Crystalline structure of montmorillonite.....	11
2.4 Metal casting process.....	17
2.5 Major components of foundry sand	18
3.1 TOC Analyzer.....	31
3.2 Microwave Digestion.....	31
3.3 Centrifuging Teflon® Bottle.....	31
3.4 Sand 1.....	34
3.5 Sand 2.....	34
3.6 Sand 3.....	34
3.7 Sand 4.....	34
3.8 Iron filing.....	35
3.9 Bentonite 1.....	35
3.10 Bentonite 2.....	35
3.11 Coal dust.....	35
3.12 Scheme of the overall experiment procedure.....	41
4.1 Particle size distribution curves for iron filing.....	44
4.2 Particle size distribution curves for bentonites.....	45
4.3 Particle size distribution curves for coal dust.....	47
4.4 Particle size distribution curves for spent foundry sands.....	48
4.5 Results of batch kinetic tests using iron filing, bentonite 1, bentonite 2 and coal dust at initial pH 3.72.....	52
4.6 Results of batch kinetic tests using iron filing, bentonite 1, bentonite 2 and coal dust at initial pH 6.59.....	53
4.7 Results of batch kinetic tests using iron filing, bentonite 1, bentonite 2 and coal dust at initial pH 8.01.....	54

Figure	Page
4.8 Zinc removal during batch kinetic tests for iron filing, bentonites and coal dust as a function of initial zinc concentration.....	55
4.9 Results of batch kinetic tests using waste foundry sands at initial pH 3.72..	63
4.10 Results of batch kinetic tests using waste foundry sands at initial pH 6.59..	64
4.11 Results of batch kinetic tests using waste foundry sands at initial pH 8.01..	65
4.12 Zinc removal during batch kinetic tests for waste foundry sands as a function of initial zinc concentration.....	66
4.13 Zinc removals during batch kinetic tests at different solution pH.....	68
4.14 Metal concentration as a function of solution pH.....	70

LIST OF TABLES

Table	Page
2.1 Typical range of Thailand's groundwater characteristic	6
3.1 Analytical apparatus.....	32
3.2 Type of manufactures and sand binder	33
3.3 Physical properties of bentonites	36
4.1 Compare the results with regulatory standard.....	43
4.2 Physical properties of bentonite1 and bentonite 2	45
4.3 Chemical composition of bentonite1 and bentonite 2.....	46
4.4 Chemical compositions of coal dust	47
4.5 Physical properties of the spent foundry sands.....	49
4.6 Chemical compositions of raw mill and spent foundry sands.....	49
4.7 Experiment conditions for batch sorption tests using iron filing, bentonites and coal dust	51
4.8 Zinc removal by bentonites, iron filing, and coal dust for different initial zinc concentration.....	56
4.9 Zinc removal by bentonites, iron filing, and coal dust for different initial solution pH.....	59
4.10 Equilibrium solution pHs of bentonites, iron filing, and coal dust for different initial solution pH.....	59
4.11 Zinc removals during batch kinetic tests for iron filing, bentonites and coal dust as a function of initial solution and equilibrium pH.....	60
4.12 Experiment conditions for batch sorption tests using foundry sands	61
4.13 Zinc removal by waste foundry sands for different initial concentration	67
4.14 Zinc removal by waste foundry sands for different initial pH.....	71
4.15 Equilibrium solution pHs of spent foundry sand for different initial solution pH.....	71
4.16 Zinc removals during batch kinetic tests for waste foundry sands as a function of initial solution and equilibrium pH.....	72
4.17 Zinc removed by Sand 1 compared with synthetic sand.....	75

Table	Page
4.18 Zinc removed by enhanced synthetic sand compare with data obtained from multivariate regression equation.....	76

NOMENCLATURES

b	=	Langmuir isotherm constant (L/mg)
C_0	=	initial zinc concentration (mg /L)
C_e	=	equilibrium liquid phase zinc concentration (mg/ L)
C_t	=	zinc concentration at time t (mg/L)
K_f	=	Freundlich isotherm constant (L/g)
m	=	mass of sorbent (g)
n	=	Freundlich isotherm constant
Q_0	=	Langmuir monomolecular layer capacity (mg/g)
q_e	=	equilibrium solid-liquid Zn (II) concentration (mg/g)
X	=	mass of Zn (II) adsorbed onto natural bentonite
T	=	temperature (°C)
V	=	volume of solution (cm ³)