SHORT-TERM LEACHING OF HEAVY METALS FROM CEMENT FROM CO-PROCESSING OF INDUSTRIAL SLUDGE CONTAINING PETROLEUM AND HEAVY METALS AS AN ALTERNATIVE FUEL

Miss Nuntira Supasai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Environmental Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

การชะละลายระยะสั้นของโลหะหนักในปูนซีเมนต์จากกระบวนการเผาร่วมกับกากอุตสาหกรรมที่มีปิโตรเลียมผสมโลหะหนักเป็นเชื้อเพลิงทดแทน (AF)

นางสาวนันทิรา สุภาสัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550

Thesis Title	SHORT-TERM LEACHING OF HEAVY METALS FROM CEMENT FROM CO-PROCESSING OF INDUSTRIAL SLUDGE CONTAINING PETROLEUM AND HEAVY METALS AS AN ALTERNATIVE FUEL
By	Miss Nuntira Supasai
Field of Study	Environmental Management
Thesis Principal Advisor	Assistant Professor Manaskorn Rachakornkij, Ph.D.

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

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

THESIS COMMITTEE

.... Chairperson
(Chantra Tongcumpou, Ph.D.)

.... Thesis Principal Advisor
(Assistant Professor Manaskorn Rachakornkij, Ph.D.)

.... Member
(Associate Professor Jin Anotai, Ph.D.)

.... Member
(Assistant Professor Apichat Imyim, Ph.D.)

.... External Member
(Mrs. Kanya Thamee)

นันทิรา สุภาสัย : การชะละลายระยะสั้นของโลหะหนักในปูนซีเมนต์จากกระบวนการเผาร่วมกับกากอุตสาหกรรมที่มีปิโตรเลียมผสมโลหะหนักเป็นเชื้อเพลิงทดแทน (AF). (SHORT-LEACHING OF HEAVY METALS FROM CEMENT FROM CO-PROCESSING OF INDUSTRIAL SLUDGE CONTAINING PETROLEUM AND HEAVY METALS AS AN ALTERNATIVE FUEL) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร. มนัสกร ราชากรกิจ, 112 หน้า.

ปัญหาหนึ่งที่เกิดจากการพัฒนาประเทศ คือ กากของเสียอันตรายที่เพิ่มขึ้น การจัดการกับกากของเสียอันตรายเหล่านี้ โดยการปรับเสถียร การทำก้อนแข็ง เพื่อลดความเป็นพิษ ก่อนนำไปฝังกลบยังหลุมกลบเฉพาะ ที่เรียกว่า Secure landfill ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาตามมามากมาย เช่น พื้นที่ฝังกลบที่มีอยู่อย่างจำกัด, ประสิทธิภาพในการดำเนินงาน, การบำรุงรักษา เป็นต้น การจัดการของเสียอันตรายที่มีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่งคือ การนำของเสียอันตรายเข้าไปเผาร่วมในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์เพื่อเป็นวัตถุดิบและเชื้อเพลิงทดแทน ซึ่งเป็นการลดการใช้พลังงานและลดปัญหาสิ่งแวดล้อม การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการชะละลายของโลหะหนักในปูนซีเมนต์จากกระบวนการเผาร่วมกับกากอุตสาหกรรมที่มีปิโตรเลียมผสมโลหะหนักเป็นเชื้อเพลิงทดแทนในปริมาณร้อยละ 0 ถึง 20 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบทั้งหมด ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในกากอุตสาหกรรมที่มีปิโตรเลียมผสมโลหะหนักแสดงให้เห็นว่ามีโลหะหนักที่น่าสนใจ คือ โครเมียม นิกเกิล ตะกั่ว และสังกะสี เมื่อปริมาณร้อยละการผสมปิโตรเลียมเพิ่มขึ้น ปริมาณโลหะหนักในปูนเม็ดเพิ่มขึ้นเช่นกัน การศึกษาพฤติกรรมการชะละลายของโลหะหนักในมอร์ตาร์ตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 พ.ศ. 2540, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 และ การทดสอบโดยวิธี Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) ของสหรัฐอเมริกา รวมถึงการศึกษาการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมีของโลหะหนัก โดยวิธีการสกัดแบบต่อเนื่อง ผลการของชะละลายโลหะหนักในมอร์ตาร์ตามมาตรฐานดังกล่าวพบว่ามีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ จากการทดลองสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี พบว่า 5% to 45 % ของโลหะหนักจะถูกสกัดออกมาในขั้นที่ 3 และโลหะหนักส่วนใหญ่ถูกสกัดออกมาในขั้นตอนที่ 5 ซึ่งแสดงว่าเป็นโลหะหนักที่มีความเสถียรสูง นอกจากนี้มีการทดสอบกำลังรับแรงอัดของก้อนมอร์ตา ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตามีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานของ ASTM C109/C109M–95

สาขาวิชา.การจัดการสิ่งแวดล้อม..(สหสาขาวิชา)... ลายมือชื่อนิสิต..

ปีการศึกษา..2550.. ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

4989433820 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
KEY WORDS: WASTE MANAGEMENT / HEAVY METAL / CO-PROCESSING / MORTAR / ALTERNATIVE FUEL

NUNTIRA SUPASAI: SHORT-TERM LEACHING OF HEAVY METALS FROM CEMENT FROM CO-PROCESSING OF INDUSTRIAL SLUDGE CONTAINING PETROLEUM AND HEAVY METALS AS AN ALTERNATIVE FUEL THESIS PRINCIPAL ADVISOR: ASSIST. PROF. MANASKORN RACHAKORNKIJ, Ph.D., 112 pp.

One of the severe environmental problems in developing countries involves hazardous waste. The traditional management of hazardous wastes usually employs physical and chemical processes to stabilize or reduce the toxicity of them. Then, the wastes are taken away to a secure landfill, which is nowadays hard to site, build, operate, and maintain effectively. A viable waste management option is co-processing in cement production. The co-processing technology consists of partial application of hazardous waste as alternative fuels and raw materials (AFR). It can reduce the use of non-renewable energy and natural resources as well as environmental problems stemming from mishandling by other management options. This research studied leaching of heavy metals from cement produced from the co-processing of industrial sludge containing petroleum and heavy metals as an alternative fuel. The sludge was utilized up to 20% by weight in raw meal. Analysis results of industrial sludge containing petroleum and heavy metals were used as a basis for selection of four heavy metals; namely, Cr, Ni, Pb and Zn. To study the sequential extraction test, approximately 5% to 45% of heavy metals were distributed in Fraction 3 (bound to iron and manganese oxide), and a major concentration of the heavy metals (54% to 87%) were found in Fraction 5 (residual fraction). The more the percentage of sludge increased, the more the concentrations of heavy metals in the clinker increased. In addition to the analysis, compressive strengths and leaching tests of cement mortars were also evaluated. The compressive strengths results were satisfactory according to ASTM C109/C109M–95 and the leached metal concentrations did not exceed the limits set by the Notification of the Ministry of Industry No.6 B.E.2540 (1997), the Notification of the Ministry of Industry B.E.2548 (2005) and the US Regulatory Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP).

Field of Study:..Environmental Management.... Student's Signature:............................
Academic Year:...2007.............................. Principal Advisor's Signature:..........................

ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been a memorable experience and very valuable to the author. It would not have been succeeded without the assistance of a number of individuals including organization. The author would like to acknowledge all of them who are an essential part of the accomplishment.

First of all, I do wish to express my grateful appreciation and gratitude to Dr. Manaskorn Rachakornkij, my advisor for their supports including of providing useful information, guidances, kindheartedness, a great encouragement, improving my English skill, technical writing style, and supporting my experience to the International conference.

I would like to express my sincere gratitude to Dr. Chantra Tongcumpou, Chairman of the committee, Assoc. Prof. Dr. Jin Anotai, Assist. Prof. Dr. Apichat Imyim, and Mrs. Kanya Thamee the committees, for their recommendations, comments, and kindness to the author to make this thesis completely.

I would like to thank the National Center of Excellence for Environmental and Hazardous Waste Management (NCE-EHWM) Program for the full scholarship, partially funding and all facilities for the thesis work. Together with Department of Environmental Engineering, Engineering Faculty, Chulalongkorn University and Siam City Cement Co. Ltd. In addition, I would like to thank the Petroleum and Petrochemical College for their support the facility utilized in this work.

I would like to express my sincere gratitude to Ms Chantana Intim, and all staffs at the NEC-EHWM program for the knowledge and laboratory facilities technique, Mr. Thadchai Hongsrisuwan's help to facilitate all my work. Moreover, a great thankfulness is forward to Ms Tantip Panmetarit, Ph.D. student, for her efforts to provide the valuable information throughout the advice and help support, Ms Akiko Mu, for her comment and proving to English writing for my thesis.

Lastly, I would like to express my deep appreciation and gratitude to my dear family and all my friends for their love, spirit, caring, understanding and supporting me as my inspiration and my encouragement during the entire work.

CONTENTS

page

CHAPTER

page

CHAPTER

page

CHAPTER

page

CHAPTER

LIST OF TABLES

Table page

LIST OF FIGURES

Figure page

LIST OF FIGURES

Figure page

NOMENCLATURES

AFR	Alternative Fuels and Raw materials
ASTM	American Society for Testing of Materials
°C	Degree Celsius
C_2S	$2CaO{\cdot}SiO_2$, dicalcium silicate
C_3A	$3CaO.Al_2O_3$, tricalaium silicate
C_3S	$3CaO.SiO_2$, tricalaium silicate
CH	$Ca(OH)_2$, calcium hydroxide
C-S-H	calcium silicate hydrate
Cr	Chromium
Cr(III)	trivalent Chromium
Cr(VI)	hexavalent Chromium
DI	deionzed water
ICP-OES	inductively coupled plasma optical emission spectrometer
ksc	kilogram per square centimeter
LOI	Loss on Ignition
M3052	Microwave-assisted leach method 3052A
MOI	the Notification of the Ministry of Industry
Ni	Nickel
Pb	Lead
SEM	Scanning electron microscope
STLC	Soluble Threshold Limit Concentration
TTLC	Total Threshold Limit Concentration
TCLP	Toxicity Characteristic Leaching Procedure
WET	Waste Extraction Test
XRD	X-ray diffraction spectrometer
XRF	X-ray fluoresce spectrometer

NOMENCLATURES

AFR	Alternative Fuels and Raw materials
ASTM	American Society for Testing of Materials
°C	Degree Celsius
C_2S	$2CaO{\cdot}SiO_2$, dicalcium silicate
C_3A	$3CaO.Al_2O_3$, tricalaium silicate
C_3S	$3CaO.SiO_2$, tricalaium silicate
CH	$Ca(OH)_2$, calcium hydroxide
C-S-H	calcium silicate hydrate
Cr	Chromium
Cr(III)	trivalent Chromium
Cr(VI)	hexavalent Chromium
DI	deionzed water
ICP-OES	inductively coupled plasma optical emission spectrometer
ksc	kilogram per square centimeter
LOI	Loss on Ignition
M3052	Microwave-assisted leach method 3052A
MOI	the Notification of the Ministry of Industry
Ni	Nickel
Pb	Lead
SEM	Scanning electron microscope
STLC	Soluble Threshold Limit Concentration
TTLC	Total Threshold Limit Concentration
TCLP	Toxicity Characteristic Leaching Procedure
WET	Waste Extraction Test
XRD	X-ray diffraction spectrometer
XRF	X-ray fluoresce spectrometer