

การกำจัดนิกเกิลออกจากน้ำเสียโรงงานชุบโลหะโดยใช้คอลัมน์บรรจุเซเชเหล็ก



นาง บุปผา อุ่นแสงจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม สหสาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1200-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REMOVAL OF NICKEL FROM METAL PLATING WASTEWATER WITH IRON SCRAP COLUMN

Mrs. Buppa Ounsangchan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Management
Inter-Departmental Program in Environmental Management

Graduate School

Chulalongkorn University

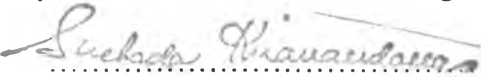
Academic Year 2002

ISBN 974-17-1200-6

Copyright of Chulalongkorn University

Thesis Title Removal of Nickel from Metal Plating Wastewater with
Iron Scrap Column
By Buppa Ounsangchan
Field of Study Environment Management
Thesis Advisor Assistant Professor Chavalit Ratanatamskul, Ph.D.
Thesis Co-advisor Professor Hsin Neng Hsieh, Ph.D.

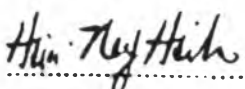
Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Master 's Degree


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

THESIS COMMITTEE

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

..... Thesis Advisor
(Assistant Professor Chavalit Ratanatamskul, Ph.D.)

..... Thesis Co-advisor
(Professor Hsin Neng Hsieh, Ph.D.)

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

บุปผา อุ่นแสงจันทร์ : การกำจัดนิกเกิลออกจากน้ำเสียโรงงานชุบโลหะโดยใช้คอลัมน์
 บรรจุเศษเหล็ก (REMOVAL OF NICKEL FROM METAL PLATING WASTEWATER
 WITH IRON SCRAP COLUMN) อ. ที่ปรึกษา: ผศ.ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล
 อ.ที่ปรึกษาร่วม : PROF.HSIN NENG HSIEH,Ph.D. จำนวนหน้า 72 หน้า.
 ISBN 974-17-1200-6.

งานวิจัยนี้ ศึกษาการกำจัดนิกเกิลออกจากน้ำเสียโรงงานชุบโลหะโดยใช้คอลัมน์บรรจุ
 เศษเหล็กได้ทำการทดลองแบบแบดซ์และคอลัมน์แบบต่อเนื่อง การทดลองแบบแบดซ์เพื่อศึกษา
 ผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดนิกเกิล ส่วนการทดลองคอลัมน์แบบต่อเนื่องเพื่อศึกษา
 ผลของความสูงของชั้นตัวกลางเศษเหล็ก ผลของอัตราการไหล และประสิทธิภาพของตัวกลาง
 เศษเหล็กสำหรับการกำจัดนิกเกิล

การทดลองแบบแบดซ์ พบว่า พีเอชเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมากต่อประสิทธิภาพการ
 กำจัดนิกเกิลของเศษ พีเอชในช่วง 6 ถึง 7 นิกเกิลจะถูกกำจัดโดยเหล็กออกไซด์และหมู่ไฮดรอกซิล
 ได้มากที่สุด การทดลองโดยใช้คอลัมน์แบบต่อเนื่อง โดยแต่ละขั้นตอนใช้ระยะเวลาในการทดลอง
 2 เดือน พบว่า การเพิ่มความสูงของเศษเหล็กสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดนิกเกิลได้แต่
 หลังจากการเพิ่มความสูงมากกว่า 40 ซม. อัตราการกำจัดไม่ได้เพิ่มอย่างมีนัยสำคัญ จากการ
 ทดลองคอลัมน์ที่ต่อเรียงกัน 3 คอลัมน์ โดยที่ความสูงของเศษเหล็กในคอลัมน์ 30 ซม., 40 ซม.
 และ 50 ซม. สามารถกำจัดนิกเกิลออกจากน้ำเสียให้ได้ความเข้มข้นต่ำกว่า 1 มก./ล. เป็น 12%,
 38% และ 29% ตามลำดับ ในการศึกษาผลของอัตราการไหล พบว่า การเพิ่มอัตราการไหลมีผล
 ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดนิกเกิลลดลง โดยที่อัตราการบ่อนนิกเกิลที่ความเข้มข้นเฉลี่ย 10
 มก./ล. อัตราการไหล 5 ลิตร/วัน , 10 ลิตร/วัน และ 15 ลิตร/วัน พบว่า สามารถกำจัดนิกเกิลได้
 86.27% , 84.92% และ 75.80% ตามลำดับ สำหรับการศึกษาศักยภาพของตัวกลางเศษ
 เหล็กโดยการบ่อนนิกเกิลที่ความเข้มข้น 10 มก./ล. , 20 มก./ล. , 50 มก./ล. และ 100 มก./ล. พบว่า
 เศษเหล็กมีศักยภาพในการกำจัดเป็น 10.07, 9.04, 14.83 และ 20.15 มิลลิกรัมนิกเกิลต่อ
 กรัมเศษเหล็ก ตามลำดับ

สหสาขาวิชา...การจัดการสิ่งแวดล้อม...ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....การจัดการสิ่งแวดล้อม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2545.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

Buppa Umsangchan
 Charat Rattl
 Hin Neng Hsieh

4389413720 : MAJOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

KEY WORD: IRON SCRAP / NICKEL / ADSORPTION / WASTEWATER /
METAL PLATING

BUPPA OUNSAINGCHAN: REMOVAL OF NICKEL FROM METAL PLATING
WASTEWATER WITH IRON SCRAP COLUMN. THESIS ADVISOR: ASSIST.
PROF. CHAVALIT RATANATAMSKUL, PhD., THESIS COADVISOR : PROF.
HSIN NENG HSIEH, PhD. , 72 pp. ISBN 974 -17-1200-6.

This research investigated removal of nickel from metal plating wastewater with iron scrap column. Batch experiments and continuous flow experiments were conducted. The batch experiments were performed to determine the effect of pH on the nickel removal efficiency. The continuous flow experiments were used to study the effect of column height, influent flow rate, and nickel concentration on column performance.

Batch experimental results indicate that pH was an important factor affecting nickel removal. The maximum nickel adsorption by iron oxide occurred in the pH range of 6 to 7 and the hydroxyl group was the dominant adsorbable species. The continuous flow experiment was conducted with a two-month operation period. Three columns were placed in series and three column heights, 30 cm, 40 cm, and 50 cm were tested. Only 12% of the data obtained from the tests with column height 30-cm could reach a nickel concentration of less than 1 mg/L in effluent. Whereas the percentage removal achieved at the same level with column height of 40 cm and 50 cm were 38% and 29%, respectively. The optimum column height was 40 cm. Longer column height would increase nickel sorption, however, it also resulted in insufficient oxygen to oxidize iron, which affected HFO sorption capacity. Three flow rates, 5 L/d, 10 L/d, and 15 L/d, were tested and nickel removal efficiencies were 86.27%, 84.92%, and 75.80%, respectively. Larger flow rate decreases removal efficiency. During the study of the effect of nickel concentration on column performance, the maximum nickel sorption for influent nickel concentrations at 10, 20, 50, and 100 mg/L were 10.07, 9.04, 14.83, and 20.15 mg-Ni/gram iron, respectively.

Inter-department..Environmental Management..Student's signature.....*Buppa Ounsangchan*
Field of study...Environmental Management...Advisor's signature.....*Chavalit Rattl*
Academic year.....2002.....Co-advisor's signature.....*Hsin Neng Hsieh*

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to firstly thank the E.N.C. Co., Limited, Samutprakarn, Thailand for providing my opportunity to conduct my research on their wastewater.

I would like to express my sincerely thank to Assistant Professor Dr. Chaovalit Ratanatamskul, my advisor, for his continued guidance throughout this research. I would also like to thank Professor Dr. Hsin Neng Hsieh, my co-advisor, NJIT, for his supports and suggestions. I would like to take this opportunity to thank Assistant Professor Dr. Sutha Khaodhiar, Chairman of the committee, and Dr. Manaskorn Rachakornkij, a member of thesis committee, for many valuable comments. This thesis would not have been accomplished without their excellent contributions.

And many thanks for the Pollution Control Department (PCD) laboratory and all staff there for their kind assistance for sample analysis as well as all Environmental Research Institute of Chulalongkorn University (ERIC) students and staff for their friendship and warm supports.

Finally, personal thanks go to my family especially my two beloved kids, Nong Meta and Mooky, for their love, care, understanding and words of encouragement.

CONTENTS

	Pages
ABSTRACT (IN THAI)	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENT.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF FIGURES.....	xi
LIST OF TABLES.....	xiii
NOMENCLATURE.....	xiv
CHAPTER 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 General.....	1
1.2 Objectives of the study.....	3
1.3 Hypothesis.....	3
1.4 Scopes of the study.....	3
1.4.1 Wastewater collection.....	3
1.4.2 Characteristics of wastewater.....	3
1.4.3 Batch experiment.....	3
1.4.4 Continuous flow experiments.....	4
1.4.5 Nickel analysis.....	4

CONTENTS (Cont.)

	Pages
CHAPTER 2 LITERATURE REVIEWS.....	5
2.1 Nickel chemistry.....	5
2.2 Metal plating process.....	6
2.2.1 Waste generation.....	6
2.2.2 Treating metal plating wastewater.....	9
2.3 The iron solubility.....	10
2.4 Oxygenation of ferrous iron (II) in highly buffered waters.....	12
2.5 Surface coordination of iron mineral.....	12
2.6 Inner-sphere and outer-sphere surface complexes.....	14
2.7 The coordination chemistry of the hydrous oxide water interface.....	16
2.8 The theoretical adsorption.....	16
2.9 Surface complexation model.....	18
2.10 Related study.....	20
CHAPTER 3 METHODOLOGY.....	22
3.1 Wastewater.....	22
3.2. Iron scrap preparation.....	22
3.3 Experimental Methodology.....	23
3.3.1 Characteristics of Wastewater.....	23
3.3.2 Nickel adsorption on hydrous ferric oxide (HFO).....	23

CONTENTS (Cont.)

	Pages
3.3.3 Effect of pH on nickel removal.....	24
3.3.4 Effect of column height on nickel removal efficiency.....	24
3.3.5 Effect of influent flow rate on nickel removal efficiency.....	26
3.3.6 Effect of nickel loading on column performance.....	26
CHAPTER 4 RESULTS AND DISCUSSIONS.....	30
4.1 The characteristic of wastewater.....	30
4.2 Nickel adsorption on hydrous ferric oxide (HFO).....	31
4.3 Effect of pH on nickel removal percentage.....	33
4.4 Effect of column height on nickel removal efficiency.....	35
4.5 Effect of influent flow rate on nickel removal efficiency.....	43
4.6 Effect of nickel loading on column performance.....	49
4.7 X-Ray Diffraction.....	51
4.8 Propose design criteria for iron scrap column.....	51
CHAPTER 5 CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS	53
REFERENCES.....	55
APPENDICES.....	58
BIOGRAPHY.....	72

LIST OF FIGURES

	Pages
2.1 Typical metal plating process step.....	6
2.2 Precipitation and filtration techniques are available for treating wastewater from metal plating process.....	10
2.3 The solubility diagram of oxide and hydroxide forms of iron.....	11
2.4 Structural arrangements in surface complexes at an oxide surface.....	13
2.5 Surface complex formation.....	15
2.6 Surface complexes at oxide-water interfaces.....	17
3.1 The iron scrap from industrial manufacturing process.....	22
3.2 (a) The size of iron scrap was about 4.4 mm x 6.5 mm x 0.1 mm (b) Iron oxide.....	22
3.3 The experimental apparatus for the study nickel adsorption with HFO.....	23
3.4 Experimental apparatus for the study of the effect of column height on nickel removal.....	25
3.5 Experimental apparatus for the study of the effect of influent flow rate on nickel removal.....	27
3.6 Experimental apparatus for the study of the effect of nickel loading on column performance.....	28
3.7 Experimental apparatus for the study of the continuous flow.....	29

LIST OF FIGURES (Cont.)

	Pages
4.1 Freundlich isotherm in logarithmic form for Ni adsorbed by iron scrap on 24 hours.....	32
4.2 Adsorption of nickel with HFO.....	32
4.3 Effect of influent pH on nickel removal at 6.9 mg/L nickel concentration...	34
4.4 The relationship between Ni removal percentage and the pH in the first 200 minutes.....	34
4.5 The relationship between Ni adsorbed per gram of iron and influent pH....	35
4.6 Effect of column height on nickel removal column height = 30 cm. with 3 columns in series. Influent Ni = 10 mg/L and pH 7.....	37
4.7 Effect of column height on nickel removal column height = 40 cm. with 3 columns in series. Influent Ni = 10 mg/L and pH = 7.....	38
4.8 Effect of column height on nickel removal column height = 50 cm. with 3 columns in series. Influent Ni = 10 mg/L and pH = 7.....	38
4.9 The relationship between Ni residue and time.....	39
4.10 The relationship between Ni removal percentage and time for the column height 30 cm with 3 columns in series.....	39
4.11 The relationship between Ni removal percentage and time for the column height 40 cm with 3 columns in series.....	40

LIST OF FIGURES (Cont.)

	Pages
4.12 The relationship between Ni removal percentage and time for the column height 50 cm with 3 columns in series.....	40
4.13 The relationship between Ni removal percentage and time for the three series.....	41
4.14 Nickel concentration less than 1 mg/L in the effluent (Tested with 3 columns in series).....	41
4.15 The relationship between accumulate Ni and time.....	42
4.16 Effect of influent flow rate 5 L/d on nickel removal efficiency.....	45
4.17 Effect of influent flow rate 10 L/d on nickel removal efficiency.....	45
4.18 Effect of influent flow rate 15 L/d on nickel removal efficiency.....	46
4.19 The relationship between Ni residue and time for three influent flow rate..	46
4.20 Effect of influent flow rate 5 L/d on nickel removal percentage.....	47
4.21 Effect of influent flow rate 10 L/d on nickel removal percentage.....	47
4.22 Effect of influent flow rate 15 L/d on nickel removal percentage.....	48
4.23 Effect of influent flow rate on nickel removal percentage.....	48
4.24 Effect of nickel loading on column performance.....	49
4.25 The relationship between accumulate Ni and time.....	50
4.26 The diffractogram of iron material before reaction with nickel.....	52
4.27 The diffractogram of iron material after reaction with nickel.....	52

LIST OF TABLES

	Pages
Table 2.1 A summary of the waste generated by the metal plating industry.....	8
Table 2.2 Adsorption (surface complex formation) equilibria.....	18
Table 4.1 Characteristic of wastewater.....	30
Table 4.2 Using curve fitting to predict the nickel effluent concentration.....	36
Table 4.3 Prediction of nickel concentration in influent in terms of flow rate....	43
Table 4.4 Nickel loading rate on column performance.....	51

NOMENCLATURE

HMO = Hydrous metal oxide

HFO = Hydrous ferric oxide

ICP = Inductive coupled plasma

ICP-MS = Inductive coupled plasma mass spectrometer

NaOH = Sodium hydroxide

HCl = Hydrochloric acid

Ni = Nickel

mg/L = milligram per liter

ml = milliliter