# การกำจัดเศษหนังเจียนที่มีโครเมียมปนด้วยวิธีการเผา และกำจัดเถ้าโดยทำให้เป็นก้อนด้วยซีเมนต์

นายอภิสิทธิ์ พันธุ์พฤกษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-9886-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 21052037

# THE TREATMENT OF LEATHER WASTE CONTAINING CHROMIUM BY INCINERATION AND ASH SOLIDIFICATION WITH CEMENT

Mr.Apisit Punpruek

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-9886-5

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การกำจัดเศษหนังเจียนที่มีโครเมียมปนด้วยวิธีการเผาและกำจัดเถ้าโดยทำให้เป็นก้อนด้วยซีเมนต์ |
| โดย | นายอภิสิทธิ์ พันธุ์พฤกษ์ |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญยง โล่ห์วงศ์วัฒน |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | รองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญยง โล่ห์วงศ์วัฒน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

อภิสิทธิ์ พันธุ์พฤกษ์ : การกำจัดเศษหนังเจียนที่มีโครเมียมปนด้วยวิธีการเผาและกำจัดเถ้าโดยทำให้เป็นก้อนด้วยซีเมนต์ (The Treatment of Leather Waste Containing Chromium by Incineration and Ash Solidification with Cement) อ.ที่ปรึกษา ผศ.บุญยง โล่ห์วงศ์วัฒน, อ.ที่ปรึกษาร่วม รศ. สุรี ขาวเธียร, 105 หน้า. ISBN 974-17-9886-5

การวิจัยนี้ได้นำตัวอย่างเศษหนังเจียนไปเผาที่อุณหภูมิ 400 800 และ 1,200 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษามวลสมดุลของโครเมียม และคุณสมบัติในด้านต่างๆของขี้เถ้าหลังการเผา แล้วทำขี้เถ้าให้เป็นก้อนแข็งโดยใช้วัสดุประสานคือ ปูนซีเมนต์ และปูนซีเมนต์+ปูนขาว (1:1)

ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ในเศษหนังเจียนมีปริมาณโครเมียมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 31.1 มก./กรัม เศษหนัง ไม่มีโครเมียม +6 อยู่ และมีปริมาณโครเมียมในน้ำสกัด ตามวิธีการสกัดของกระทรวงอุตสาหกรรม เท่ากับ 20.02 มก./ลิตร ซึ่งมากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 5 มก./ลิตร ดังนั้นเศษหนังเจียนที่นำมาศึกษา จึงจัดได้ว่าเป็นของเสียอันตราย จึงต้องทำการบำบัดด้วยวิธีการที่เหมาะสม

ในการเผาเศษหนังเจียนที่อุณหภูมิ 400 800 และ 1,200 องศาเซลเซียส โครเมียมทั้งหมดที่อยู่ในเศษหนังเจียนยังคงอยู่ในขี้เถ้าก้นเตาเกือบทั้งหมดและมีโครเมียม +6 เกิดขึ้นจากกระบวนการเผา สำหรับเวลาที่เหมาะสมในการเผาเศษหนังเจียนในทุกอุณหภูมิ คือ 15 นาที เพราะจะเกิดโครเมียม +6 น้อยที่สุด และมวลของขี้เถ้าจะค่อนข้างคงที่ ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมทั้งหมดในน้ำสกัดของขี้เถ้าที่เผา 400 800 และ 1,200 องศาเซลเซียส พบว่า มีโครเมียมในน้ำสกัด 45.72 89.21 และ 410.39 มก./ลิตร ตามลำดับและยังคงจัดเป็นของเสียอันตราย

จากการทดลองนำขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไปทำให้เป็นก้อนแข็งต่อ พบว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็นวัสดุประสานที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้สัดส่วนขี้เถ้าที่เผาในอุณหภูมิ 400 800 และ 1,200 องศาเซลเซียสต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 1:3 1:4 และ 1:5 ตามลำดับ จะทำให้ก้อนแข็งตัวอย่าง มีปริมาณโครเมียมในน้ำสกัด ค่ากำลังรับแรงอัด และความหนาแน่น อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศฉบับที่ 6 ของกระทรวงอุตสาหกรรม และอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสมคือ 0.5 เพราะทำให้ของผสมสามารถเทได้ดีกว่าในอัตราส่วนอื่นๆ

สำหรับค่าใช้จ่ายในการบำบัดและกำจัดเศษหนังเจียน โดยการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสแล้วทำขี้เถ้าให้เป็นก้อนแข็งด้วยซีเมนต์มีค่าต่ำที่สุด คือ 4,699 บาทต่อตันเศษหนัง ส่วนขี้เถ้าที่เผาในอุณหภูมิ 400 และ 1,200 เสียค่าใช้จ่าย 4,891 และ 5,654 บาทต่อตันเศษหนัง ตามลำดับ

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต _____

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

##4270648521 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEY WORD: LEATHER WASTE / SOLIDIFICATION /
APISIT PUNPRUEK : THE TREATMENT OF LEATHER WASTE CONTAINING CHROMIUM BY INCINERATION AND ASH SOLIDIFICATION WITH CEMENT. THESIS ADVISOR : ASSIST.PROF.BOONYONG LOWONGWATANA, THESIS CO-ADVISOR: ASSOC.PROF.SUREE KHAODHIAR, 105 pp. ISBN 974-17-9886-5

This experiment was carried out by burning the leather waste at various fixed temperatures of 400°C, 800°C and 1,200°C, in order to study mass balance of chromium and the ash physical and chemical properties. A study to solidify the ash by using portland cement or a mixture of portland cement and lime (1:1) as binders were also carried out. The conclusion is :

The leather waste had a Cr+3 concentration of 31.1 mg/g, There was no Cr+6. Its leachate contained 20.02 mg/l of chromium which higher than the 5 mg/l standard, the leather waste was then classified as a hazardous waste and a suitable treatment should be done.

From burning the leather waste at 400°C, 800°C and 1,200°C, most of the total of chromium was found in the bottom ash. And Cr+6 was also found in the ash. The most appropriate time for burning was 15 minutes in every temperature of incineration where the mass of the ash was almost constant and it also generated less Cr+6. By using the Ministry's leaching method, the ash from burning at 400°C, 800°C and 1,200°C contained 45.72, 89.21 and 410.39 mg/l of Cr respectively. They were still classified as hazardous waste.

Portland cement was found to be the most appropriate binder. The optimum mixing ratios of the ash burning at 400°C, 800°C, 1,200°C and portland cement were 1:3, 1:4 and 1:5 respectively. The solified products had met the standards promulgated by the Ministry of Industry. The optimum water/cement ratio were 0.5 which helped to improve the mixture workability.

The estimated cost for treatment and disposal of the leather waste by burning at 400°C, 800°C and 1,200°C were 4,891, 4,699 and 5,654 baht/ton respectively. The most suitable method for treatment and disposal of the waste were burning at 800 °C and then solidified the ash by portland cement.

Department/Program Environmental Engineering
Field of study Environmental Engineering
Academic year 2002

Student's signature Apisit Punpruek
Advisor's signature B. Lowongwatana
Co-advisor's signature S. Khaodhiar

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญยง โล่ห์วงศ์วัฒน และรองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ตลอดจนสละเวลาในการตรวจทานวิทยานิพนธ์นี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยจะระลึกถึงพระคุณของอาจารย์ไว้ในใจ ขอบคุณมากจริงๆครับ

ขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ และช่วยแก้ไขให้วิทยานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมูลนิธิชิน โสภณพานิช ที่อนุเคราะห์ทุนอุดหนุนในการวิจัยนี้ เป็นจำนวนพอสมควร ซึ่งเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้อย่างมาก

ขอบคุณ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ และ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เรื่องเครื่องมือการวิจัย

ขอบคุณ ครูจันทรวรรณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความช่วยเหลือและความสะดวกในทุกด้านเกี่ยวกับการวิจัย พร้อมทั้งอัธยาศัยอย่างดียิ่ง

เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ นิสิตปริญญาโทครับ ผู้วิจัยสนุกสนานและมีความผูกพันธ์กับทุกท่านจริงๆ จะไม่ลืมมิตรภาพอันน่าประทับใจในช่วงเวลา 4 ปีนี้เลย

ขอบคุณเจนนี่ ที่คอยเป็นห่วงเป็นใย และให้กำลังใจ ในยามที่ผู้วิจัยศึกษาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยจะจดจำช่วงเวลาดีๆ และทุกสิ่งทุกอย่างนี้ไว้ตลอดไป

พ่อครับ แม่ครับ พี่น้องครับ พี่เอียดครับ แค่คำขอบคุณคงไม่พอ สำหรับบุญคุณความดีต่างๆ ที่ท่านๆ ให้กับผู้วิจัยมาตั้งแต่เกิดจนเติบโตมาถึงวันนี้ได้ ขอระลึกพระคุณความดีของพวกท่านไว้ตลอดไป รักพวกท่านทุกคนมากครับ

อภิสิทธิ์ พันธุ์พฤกษ์

apisitpun@hotmail.com

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญรูป..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย..... 2

บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร..... 4

2.1 ของเสียอันตราย..... 4

2.2 โลหะหนักและโครเมียม..... 5

2.2.1 โลหะหนัก..... 5

2.2.2 โครเมียม..... 5

2.2.3 สารประกอบโครเมียมและคุณสมบัติ..... 6

2.2.4 โครเมียมในอุตสาหกรรมฟอกหนัง..... 6

2.2.5 พิษของโครเมียม..... 7

2.3 การฟอกหนังและของเสียจากกระบวนการฟอก..... 7

2.4 การบำบัดและการกำจัดของเสียที่เป็นอันตราย..... 7

2.5 การบำบัดหรือการกำจัดโดยกระบวนการใช้ความร้อน..... 8

2.6 การทำให้เป็นก้อนแข็ง..... 10

2.7 การทำให้เป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์..... 15

2.7.1 สารเจือปนที่เป็นอุปสรรคต่อการทำให้เป็นก้อน..... 15

2.7.2 ข้อดีและข้อเสียของการทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยซีเมนต์..... 16

2.7.3 กลไกการยึดจับโลหะหนัก..... 17

หน้า

2.8 ปูนซีเมนต์และปูนขาว ..... 18
2.8.1 ปูนซีเมนต์ ..... 18
2.8.2 ปูนขาว ..... 19
2.9 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ..... 20
2.9.1 ปฏิกิริยาไฮเดรชัน ..... 20
2.9.2 ปฏิกิริยาปอซโซลาน ..... 21
2.10 เกณฑ์มาตรฐานที่เกี่ยวกับงานวิจัย ..... 21
2.11 งานวิจัยที่ผ่านมา ..... 22
2.11.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการเผาของเสีย ..... 22
2.11.2 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการทำเสถียร ..... 25

บทที่ 3 แผนงานและการดำเนินการวิจัย ..... 31
3.1 การเตรียมวัตถุดิบและวัสดุอุปกรณ์ ..... 31
3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย ..... 31
3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย ..... 31
3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ..... 32
3.2 การดำเนินการวิจัย ..... 32
3.2.1 การหาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเศษหนังเจียนและขี้เถ้า ..... 33
3.2.2 การเผาเศษหนังเจียนที่อุณหภูมิต่างๆ เพื่อหา Mass Balance ของโครเมียม ..... 36
3.2.3 การทำเป็นก้อนแข็งของขี้เถ้าหลังการเผา ..... 36
3.2.4 การประเมินค่าใช้จ่ายเบื้องต้น ..... 38

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ ..... 39
4.1 ลักษณะสมบัติของเศษหนังเจียน ..... 39
4.2 ลักษณะสมบัติของขี้เถ้าของเศษหนังเจียน ..... 40
4.3 Mass Balance ของมวลขี้เถ้าและปริมาณโครเมียมในขี้เถ้า ..... 42
4.3.1 มวลของขี้เถ้า ..... 42

หน้า

4.3.2 ปริมาณโครเมียมทั้งหมด ก่อนและหลังเผา .....43
4.3.3 ปริมาณโครเมียม +6 ที่เกิดขึ้นในขี้เถ้าหลังเผา.....45
4.4 การทำเป็นก้อนแข็ง .....47
4.4.1 การเลือกขี้เถ้าในการทำเป็นก้อนแข็ง..... 47
4.4.2 การหาสัดส่วนของขี้เถ้าต่อวัสดุประสานที่เหมาะสม.....48
4.4.3 การหาสัดส่วนของน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสม.....59
4.4.4 การตรวจสอบก้อนแข็งขั้นสุดท้าย .....62
4.5 แผนผังสรุปมวลสมดุลของ เศษหนังเจียน ขี้เถ้า และโครเมียม ในการเผาและทำเป็นก้อนแข็ง.....65
4.6 การประเมินค่าใช้จ่ายเบื้องต้นและเสนอแนวทางในการจัดการ เศษหนังเจียน..... .....70

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ ..... 73

รายการอ้างอิง .....75
บรรณานุกรม.....78
ภาคผนวก ..... 79
ภาคผนวก ก. ผลการทดลอง .....80
ภาคผนวก ข. ภาพถ่ายการทดลอง .....97
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....105

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 กระบวนการทำให้กากของเสียอันตรายแข็งตัววิธีต่างๆ .....11
ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียของการทำให้เป็นก้อนในแต่ละวิธี .....13
ตารางที่ 2.3 สัดส่วนของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์..... 19
ตารางที่ 2.4 สารประกอบที่สำคัญของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์..... 19
ตารางที่ 4.1 มวลขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ.....42
ตารางที่ 4.2 ปริมาณโครเมียมทั้งหมด ก่อนและหลังเผา ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ .....43
ตารางที่ 4.3 ปริมาณโครเมียม +6 ก่อนและหลังเผา ที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ .....45
ตารางที่ 4.4 ปริมาณโครเมียมในน้ำสกัดของก้อนแข็ง เมื่อมีปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน.....48
ตารางที่ 4.5 ปริมาณโครเมียมในน้ำสกัดของก้อนแข็ง เมื่อมีปูนซีเมนต์+ปูนขาว(1:1) เป็นวัสดุประสาน..... 48
ตารางที่ 4.6 ค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนแข็งจากขี้เถ้าที่เผาในอุณหภูมิต่างๆ..... 53
ตารางที่ 4.7 ความหนาแน่นของก้อนแข็งจากขี้เถ้าที่เผาในอุณหภูมิต่างๆ.....56
ตารางที่ 4.8 สัดส่วนขี้เถ้าต่อวัสดุประสานที่เหมาะสม ในแต่ละอุณหภูมิที่เผา.....59
ตารางที่ 4.9 ปริมาณโครเมียมในน้ำสกัดของก้อนแข็ง เมื่อทำการแปรค่าสัดส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน.....59
ตารางที่ 4.10 ค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนแข็ง เมื่อทำการแปรค่าสัดส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน..... 60
ตารางที่ 4.11 ความหนาแน่นของก้อนแข็ง เมื่อแปรค่าสัดส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน .....61
ตารางที่ 4.12 ผลการตรวจสอบก้อนแข็ง ที่ใช้เวลาบ่มเพียง 7 วัน.....63
ตารางที่ 4.13 ค่าใช้จ่ายในการจัดการเศษหนังเจียน.....72

# สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสะสมของโลหะหนัก ความเป็นด่าง
และซิลิกอน จากการสกัด 15 ครั้ง..... 17
รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้เผากับปริมาณขี้เถ้าที่เหลือจากการเผา..... 42
รูปที่ 4.2 กราฟความเข้มข้นโครเมียมทั้งหมดที่อยู่ในขี้เถ้าที่เวลาเผาต่างๆ..... 44
รูปที่ 4.3 กราฟปริมาณโครเมียมทั้งหมดที่อยู่ในขี้เถ้าที่เวลาเผาต่างๆ ..... 44
รูปที่ 4.4 กราฟความเข้มข้นโครเมียม +6 ที่อยู่ในขี้เถ้าที่เวลาเผาต่างๆ ..... 46
รูปที่ 4.5 กราฟปริมาณโครเมียม +6 ที่อยู่ในขี้เถ้าที่เวลาเผาต่างๆ ..... 46
รูปที่ 4.6 กราฟปริมาณโครเมียมในน้ำสกัดกับสัดส่วนของขี้เถ้าต่อปูนซีเมนต์ .....51
รูปที่ 4.7 กราฟปริมาณโครเมียมในน้ำสกัดกับสัดส่วนของขี้เถ้าต่อ
ปูนซีเมนต์+ปูนขาว(1:1)..... 52
รูปที่ 4.8 กราฟกำลังรับแรงอัดกับสัดส่วนขี้เถ้าต่อวัสดุประสาน
จากขี้เถ้าที่เผาอุณหภูมิต่างๆ ..... 55
รูปที่ 4.9 กราฟความหนาแน่นกับสัดส่วนขี้เถ้าต่อวัสดุประสาน
จากขี้เถ้าที่เผาอุณหภูมิต่างๆ ..... 58
รูปที่ 4.10 Mass balance ของการเผาที่ 400 องศาเซลเซียสและ
ทำเป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์.....67
รูปที่ 4.11 Mass balance ของการเผาที่ 400 องศาเซลเซียสและ
ทำเป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์+ปูนขาว (1:1) .....67
รูปที่ 4.12 Mass balance ของการเผาที่ 800 องศาเซลเซียสและ
ทำเป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์.....68
รูปที่ 4.13 Mass balance ของการเผาที่ 800 องศาเซลเซียสและ
ทำเป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์+ปูนขาว (1:1) .....68
รูปที่ 4.14 Mass balance ของการเผาที่ 1,200 องศาเซลเซียสและ
ทำเป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์.....69
รูปที่ 4.15 Mass balance ของการเผาที่ 1,200 องศาเซลเซียสและ
ทำเป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์+ปูนขาว(1:1)..... 69