การหาปริมาณเถ้าในลิกไนต์โดยใช้เทคนิคการกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์

นายสมเกียรติ อุ่นวงษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-197-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

15660

DETERMINATION OF ASH CONTENT IN LIGNITE USING X-RAY BACKSCATTERING TECHNIQUE

Mr. Somkiet Aunvong

A thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-576-197-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาปริมาณเถ้าในลิกไนต์โดยใช้เทคนิคการกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์
โดย	นายสมเกียรติ อุ่นวงษ์
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์)

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมเกียรติ อุ่นวงษ์ : การหาปริมาณเถ้าในลิกไนต์โดยใช้เทคนิคการกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์ (DETERMINATION OF ASH CONTENT IN LIGNITE USING X-RAY BACK-SCATTERING TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.นเรศร์ จันทน์ยาว, 70 หน้า.

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้เทคนิคการกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์สำหรับการหาปริมาณเถ้าในลิกไนต์โดยใช้ต้นกำเนิดรังสีพลูโทเนียม-238 แบบวงแหวน ซึ่งมีความแรง 1.11×10^9 เบคเคอเรล และหัววัดรังสีพรอพอร์ชันนัล นอกจากนี้ได้ใช้หัววัดรังสีเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง ช่วยในการศึกษารายละเอียดของสเปคตรัมรังสีเอกซ์ ได้ทำการจัดระบบวัดรังสีเอกซ์กระเจิงเพื่อให้ได้ความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับสูงสุด ซึ่งก็พบว่าระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่างลิกไนต์มีค่าเท่ากับ 9 มิลลิเมตร ความหนาวิกฤตของตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 2.1 กรัมต่อตารางเซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางวิกฤตมีค่าน้อยกว่า 4.8 เซนติเมตร ผลการศึกษาอิทธิพลของขนาดเม็ดลิกไนต์ต่อความแปรปรวนในการวัดรังสีพบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวัดรังสีเอกซ์กระเจิงกลับเป็นปฏิภาคโดยตรงกับขนาดของเม็ดลิกไนต์ โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 1 เมื่อขนาดเม็ดลิกไนต์เล็กกว่า 0.833 มิลลิเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับเมื่อใช้ตัวอย่างที่บดละเอียดและอัดด้วยเครื่องอัดตัวอย่าง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับกับปริมาณเถ้า โดยใช้ตัวอย่างลิกไนต์ 34 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 14 ถึง 65 พบว่า ความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับเป็นปฏิภาคผกผันกับปริมาณเถ้า โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.97 การศึกษาผลกระทบของปริมาณเหล็กและความชื้น พบว่า ในช่วงปริมาณเถ้าระหว่างร้อยละ 14 ถึง 30 และมากกว่าร้อยละ 30 ขึ้นไป เมื่อปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้ผลการหาปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นไปน้อยกว่าร้อยละ 1.2 และ 5 ตามลำดับ และเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 จะทำให้หาปริมาณเถ้าได้ลดลงไปน้อยกว่าร้อยละ 0.2 และ 2 ตามลำดับ

การหาปริมาณเถ้าของตัวอย่างลิกไนต์ 8 ตัวอย่างที่มีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 24 ถึง 45 เทียบกับผลการวิเคราะห์ทางเคมีและเทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมา ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.92 ถึง 0.95

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

SOMKIET AUNVONG : DETERMINATION OF ASH CONTENT IN LIGNITE USING X-RAY BACKSCATTERING TECHNIQUE : ASST. PROF. NARES CHANKOW, M.Eng. 70 PP.

The use of x-ray backscattering technique for lignite ash determination was studied. A 1.11 GBq annular plutonium-238 x-ray source and an x-ray proportional counter were used. A HPGe detector was also used to investigate the x-ray spectra in more detail. The optimum sources-to-sample distance, the minimum sample thickness and diameter were determined so as to obtain maximum backscattered x-ray intensity. It was found that the optimum distance was 9 mm whereas the minimum sample thickness was 2.1 g/cm^2 and the minimum sample diameter was less than 4.8 cm. The effect of particle size on measurement of the backscattered x-rays was also studied. It was found that the standard deviation of the measurement was directly proportional to the particle size and the standard deviation was less than 1 percent for the particle size less than 0.833 mm which was comparable with that obtained from pulvurized and compressed samples. The relationship between the backscattered x-ray intensity and ash content in lignite sample was investigated by using 34 samples with percentage of ash ranging from 14 to 65 percent. The results indicated that the backscattered x-ray intensity was inversely proportional to ash content in the sample with the correlation coefficient of 0.97. For ash content ranging from 14 to 30 percent, it was found that an increase of 1 percent iron content resulted in an increase in the reading of ash content by less than 1.2 and 5 percent respectively whereas an increase of 1 percent moisture content resulted in a decrease in the reading by less than 0.2 and 2 percent respectively.

The ash content of 8 lignite samples with ash content ranging from 24 to 45 percent was determined and the results were comparable with those obtained from chemical analysis and gamma-ray transmission technique with the correlation coefficients of 0.92-0.95.

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว ที่ช่วยให้คำปรึกษา แนะแนวทาง จัดหาเอกสาร และอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับเรื่องวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สนับสนุนงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณสุนันทา ทิพย์มาลย์มาศ ที่ช่วยจัดการเกี่ยวกับการพิมพ์วิทยานิพนธ์

และท้ายที่สุด ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้ทุนอุดหนุนและกำลังใจตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
รายการตารางประกอบ ..... ฌ
รายการรูปประกอบ ..... ฏ
บทที่
1. บทนำ
1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย 2
1.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย 2
1.5 การค้นคว้าความเป็นมาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2
2. เทคนิคการกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์และรังสีแกมมา
2.1 รังสีเอกซ์และรังสีแกมมา 4
2.2 ทฤษฎีกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์และรังสีแกมมา 5
2.3 เทคนิคการกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์กับการหาปริมาณเถ้าในถ่านหิน ... 6
2.4 การลดอิทธิพลของเหล็กที่มีผลต่อความถูกต้องของการวัดปริมาณเถ้าใน . 10
ถ่านหิน
2.5 การพิจารณาเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องมือ 13
2.6 องค์ประกอบที่มีผลต่อความถูกต้อง 14
3. วัสดุ อุปกรณ์ และขั้นตอนการวิจัย
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย 15
3.2 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 17
3.3 วิธีดำเนินการวิจัย 17

หน้า

4. ผลการวิจัย 24

5. สรุปวิจารณ์ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย 57

5.2 ข้อเสนอแนะ 60

เอกสารอ้างอิง 61

ภาคผนวก 62

ประวัติผู้เขียน 72

รายการตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในลิกไนต์ตามมาตรฐาน ASTM แบบ proximate analysis ซึ่งได้ผลการวิจัยจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและผลการวิจัยจากกรมวิทยาศาสตร์บริการโดยวิธีเดียวกัน ... 26

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ กับปริมาณลิกไนต์ที่มีปริมาณเถ้า 3.4 เปอร์เซ็นต์ 28

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ กับปริมาณลิกไนต์ที่มีปริมาณเถ้า 24.7 เปอร์เซ็นต์ 32

4.4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับจากตัวอย่างลิกไนต์ขนาดอนุภาคต่าง ๆ กัน 34

4.5 เปรียบเทียบความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างที่นำไปอัดและไม่ได้อัด 34

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ กับปริมาณลิกไนต์ที่มีปริมาณเถ้าต่างๆโดยใช้หัววัดแบบพรอพอร์ชันนัล 36

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ กับปริมาณเถ้าในลิกไนต์ที่ใช้สำหรับสร้างกราฟปรับเทียบ 40

4.8 อิทธิพลของความชื้นต่อความเข้มของรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ เมื่อตัวอย่างมีปริมาณเถ้าต่างๆกัน 42

4.9 ผลกระทบเนื่องจากอิทธิพลของเหล็กต่อการวัดรังสีกระเจิงกลับโดยใช้สารประกอบที่มีเลขอะตอมเทียบเท่าลิกไนต์ที่มีปริมาณเถ้า 14, 16, 23, 25, 37, 68 45

4.10 ความชันจากความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับกับปริมาณเหล็กในรูปที่ 4.11 48

4.11 ความสัมพันธ์ปริมาณเหล็กกับอัตราส่วนความเข้มรังสีเอกซ์เรืองของเหล็ก (Fe) ต่อความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ (I) 49

4.12 ผลการปรับค่าความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับสำหรับสร้างกราฟปรับเทียบ.. 51

4.13 ผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยเทคนิคกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์เทียบกับวิธีทางเคมีและเทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมา 53

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แผนผังระบบวัดปริมาณเถ้าในลิกไนต์ด้วยเทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์	7
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความไว (S) กับพลังงานรังสีเอกซ์ตกกระทบ	8
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความไว (S) กับปริมาณเถ้าที่พลังงาน 15 กิโล-อิเล็กตรอนโวลท์	8
2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์) กับความเข้มรังสีการกระเจิงกลับ.	9
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าชดเชย (compensation) กับค่าพลังงานของรังสีเอกซ์-ตกกระทบ	11
3.1	แสดงระบบวัดโดยเทคนิครังสีเอกซ์กระเจิงกลับ	16
3.2	แผนผังระบบวัดรังสีที่ใช้หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง	18
3.3	แผนผังระบบวัดรังสีที่ใช้หัววัดรังสีแบบพรอพอร์ชันนัล	21
3.4	ตัวอย่างลิกไนต์ปริมาณเถ้าต่างๆที่บดละเอียดขนาด 425 ไมครอน(40 เมช) ..	22
3.5	ภาพสเกตการวางตัวอย่างลิกไนต์เหนือหัววัดแบบพรอพอร์ชันนัล	22
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิกไนต์ที่มีปริมาณเถ้า 3.4 เปอร์เซ็นต์กับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับของรังสีเอกซ์พลังงาน 13.6 กิโล-อิเล็กตรอนโวลท์ ที่ระยะตัวอย่างถึงต้นกำเนิดรังสีต่างๆกัน	29
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิกไนต์ที่มีปริมาณเถ้า 3.4 เปอร์เซ็นต์กับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับของรังสีเอกซ์พลังงาน 17.2 กิโล-อิเล็กตรอนโวลท์ ที่ระยะตัวอย่างถึงต้นกำเนิดรังสีต่างๆกัน	30
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิกไนต์ที่มีปริมาณเถ้า 3.4 เปอร์เซ็นต์กับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับของรังสีเอกซ์พลังงาน 20.1 กิโล-อิเล็กตรอนโวลท์ ที่ระยะตัวอย่างถึงต้นกำเนิดรังสีต่างๆกัน	31
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิกไนต์ที่มีปริมาณเถ้า 24.7 เปอร์เซ็นต์กับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับระยะระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่างเท่ากับ 8 มิลลิเมตร	33
4.5	สเปคตรัมของรังสีเอกซ์เรืองและรังสีเอกซ์กระเจิงกลับจากตัวอย่างลิกไนต์เมื่อใช้ต้นกำเนิดรังสีพลูโทเนียม-238	35
	(ก) เมื่อใช้หัววัดแบบพรอพอร์ชันนัล	
	(ข) เมื่อใช้หัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง	

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิกไนต์ที่มีปริมาณเถ้า 14.29 เปอร์เซ็นต์กับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับโดยใช้หัววัดแบบพรอพอร์ชันนัลที่ระยะตัวอย่างถึงต้นกำเนิดรังสีต่างๆกัน 37
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิกไนต์ที่มีปริมาณเถ้า 40.38 เปอร์เซ็นต์กับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับโดยใช้หัววัดแบบพรอพอร์ชันนัลที่ระยะตัวอย่างถึงต้นกำเนิดรังสีต่างๆกัน 38
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณลิกไนต์ที่มีปริมาณเถ้า 56.75 เปอร์เซ็นต์กับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับโดยใช้หัววัดแบบพรอพอร์ชันนัลที่ระยะตัวอย่างถึงต้นกำเนิดรังสีต่างๆกัน 39
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเถ้ากับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ 41
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับ .. 45
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็ก (เปอร์เซ็นต์) กับความเข้มการกระเจิงกลับของรังสีเอกซ์ 47
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความเข้มรังสีเอกซ์เรืองของเหล็กต่อความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับกับปริมาณเหล็กในลิกไนต์ 50
4.13 กราฟปรับเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเถ้ากับความเข้มรังสีเอกซ์กระเจิงกลับที่ปรับค่าแล้ว 52
4.14 ผลการวัดปริมาณลิกไนต์โดยเทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์ยังไม่ปรับค่าเทียบกับการวัดทางเคมีจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ 54
4.15 ผลการวัดปริมาณเถ้าในลิกไนต์ โดยเทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์ที่ปรับค่าแล้วเทียบกับผลการวัดทางเคมีจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ 54
4.16 ผลการวัดปริมาณเถ้าในลิกไนต์โดยเทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์ยังไม่ปรับค่าเทียบกับการวัดทางเคมีจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 55
4.17 ผลการวัดปริมาณเถ้าในลิกไนต์โดยเทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์ที่ปรับค่าแล้วเทียบกับการวัดทางเคมีจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 55
4.18 ผลการวัดปริมาณเถ้าในลิกไนต์โดยเทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์ที่ยังไม่ปรับค่าเทียบกับเทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมา 56
4.19 ผลการวัดปริมาณเถ้าในลิกไนต์ โดยเทคนิคการกระเจิงกลับรังสีเอกซ์ที่ปรับค่าแล้วเทียบกับเทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมา 56