สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการผลิตแร่ปูนขาวสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเหล็ก

A Study on Lime Stone Production for Steel Industry

นางสาวนวรัตน์ คงวุธ
นางสาวปพิชญา วูอินทรานนท์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 104932
วัน,เดือน,ปี 10 พ.ย. 2552

b 12161615
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการผลิตแร่ปูนขาวสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเหล็ก

นางสาวนวรัตน์ คงวุธ
นางสาวปพิชญา วูอินทรานนท์

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Study on Lime Stone Production for Steel Industry

Miss Nawarat Kongwut

Miss Papitchaya Woointranont

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for

the Degree of Bachelor of Science

Program in Applied Physics-Science and Industry Instrumentation

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง	การศึกษาการผลิตแร่ปูนขาวสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเหล็ก
นักศึกษา	นางสาวนวรัตน์ คงวุธ
	นางสาวปพิชญา วูอินทรานนท์
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขา	ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2551
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม ประจำปีการศึกษา 2551

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ผศ.ดร.ปรีชา เทียนสมประสงค์	
กรรมการ	ดร.ประธาน บุรณศิริ	
กรรมการ	อ.ภารุจ บัณฑิธาดาวิทย์	
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม	

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ยุพาพิน)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรวัฒน์ มงคลอัศวรัตน์)

คณบดี

ลิขสิทธิ์ของสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การศึกษาการผลิตแร่ปูนขาวสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเหล็ก

นักศึกษา นางสาวนวรัตน์ คงวุธ

นางสาวปพิชญา วูอินทรานนท์

หลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขา ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2551

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สาหร่าย เล็กชะอุ่ม

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการผลิตแร่ปูนขาวสำหรับอุตสาหกรรมเหล็ก โดยจะแบ่งการวัดและการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ตอน ดังนี้คือ ตอนแรกเป็นการวัดและวิเคราะห์การผลิตแร่ปูนขาว ซึ่งจะใช้สารตัวอย่างเป็นปูนขาว (CaO) 3 ตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้วัดคือ XRD, XRF, เครื่องวัดความชื้น และ Reactivity ตอนที่ 2 เป็นการวัดและวิเคราะห์มลสารที่ตกค้างต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะใช้สารตัวอย่างมลสาร 3 ตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้วัดคือ XRF และเครื่องวัดอนุภาค(ตามแหล่งที่มา)

จากการทดสอบตอนที่ 1 พบว่าปูนขาวที่ได้นำมาทดสอบทั้ง 3 ตัวอย่างนั้นเป็นองค์ประกอบที่ได้ระบุไว้ตามตารางค่ามาตรฐานของปูนขาวที่นำไปเติมเต็มในเหล็ก หรืออาจกล่าวได้ว่า ปูนขาวทั้ง 3 ตัวอย่างสามารถนำมาเติมเต็มในอุตสาหกรรมเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจากการทดสอบตอนที่ 2 พบว่าเมื่อนำมาทดสอบจากเครื่อง XRF พบได้ว่ามีองค์ประกอบของธาตุ ซึ่งแต่ละธาตุที่เป็นสารเจือปนที่มีลักษณะการให้โทษที่แตกต่างกันไป และจากเครื่องวัดอนุภาคนี้ อนุภาคมลสารจะมีขนาด 95.89, 68.49 และ195.09 nm สามารถจัดเป็นประเภทมลสารได้ว่าเป็น ขี้เถ้า, ขี้เถ้าหรือฝุ่น และฝุ่นตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	A Study on Lime Stone Production for Steel Industry
Name	Miss Nawarat Kongwut
	Miss Papitchaya Woointranont
Curriculum	Bachelor of Science
Program	Applied Physics-Science and Industry Instrumentation
Academic Year	2008
Special Project Advisor	Asst. Prof. Sahlay Lekchaum

ABSTRACT

This is a special project to study lime stone production for steel industry. It will divide the measurement and analysis are as follows: 2

At the first measure and analyze the production of lime stone. Which uses a sample of lime (CaO) 3 samples are measured using a tool that XRD, XRF, Moisture and Reactivity. At the second is about measuring and analyzing pollutant residues in the environment. Which uses a sample of pollutant 3 samples are measured using a tool that XRF and Laser Particle Size Distribution Analyzer (by source).

First of the experiment showed that 3 samples of lime stone used to test elements to the table values specified by the standards of lime stone used to fill the steel. Or may say that the lime stone can bring 3 samples fulfilling the steel more efficiently. And from the second test we found that when brought from the XRF testing found that the composition of the element. Each element of the alloy that is similar to the penalties vary. And from Pollutant particle size is 95.89, 68.49 and 195.09 nm can be classified as a pollutant that are ashes, ashes or dust. And dust, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สามารถลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความสนับสนุน และช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาหร่าย เล็กชะอุ่ม ผู้ซึ่งให้คำแนะนำปรึกษาทางวิชาการที่ดีตลอดมาและยังไขข้อสงสัยต่างๆ ทำให้ลูกศิษย์มีความรู้เพิ่มเติมเพื่อนำไปใช้ในการทำโครงการพิเศษนี้ รวมไปถึงการปลูกฝังสิ่งที่ดีงามให้แก่ลูกศิษย์ทุกคน

ขอขอบคุณพี่มานพ พี่สมบูรณ์ และพี่แก้ว ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ และคำแนะนำในการใช้เครื่องวัดการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์(X-ray Diffractometer) ของ Bruker AXS Model D8 Discover , เครื่องวิเคราะห์ธาตุโดยการเรืองรังสีเอ็กซ์(X-Ray Fluorescence) และ Laser Particle Size Distribution Analyzer (เครื่องวัดอนุภาค)รวมทั้งให้ความรู้ในเรื่องของระบบการทำงานของเครื่องและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ขอขอบคุณเพื่อนๆภาคฟิสิกส์ทุกคนที่คอยให้กำลังใจและเป็นเพื่อนที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่เมตตาประสาทวิชา ตั้งแต่การศึกษาภาคบังคับจนถึงปัจจุบัน และขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ที่ให้ความอุปการะในเรื่องทุนการศึกษา รวมถึงเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

นางสาวนวรัตน์ คงวุธ

นางสาวปพิชญา วุฒินทรานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ลักษณะปูนขาวทางกายภาพ	3
2.2 สารประกอบทางเคมีของปูนขาวที่ใช้เติมในเหล็ก	4
2.3 คุณสมบัติของเหล็กกล้า	5
2.4 สิ่งแวดล้อม	6
2.4.1 แหล่งกำเนิดมลภาวะทางอากาศ	7
2.4.2 อุณหภูมิในบรรยากาศ	7
2.4.3 พลูม	10
2.4.4 มลสารในอากาศ	11
2.5 เครื่องมือการวัดและวิเคราะห์	16
2.5.1 XRD (เครื่องวัดการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์)	16
2.5.2 XRF (เครื่องวิเคราะห์ธาตุระบบการเรืองรังสีเอ็กซ์)	20
2.5.3 เครื่องวัดความชื้น (MOISTURE BALANCE)	22
2.5.4 REACTIVITY	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.5.5 เครื่องวัดขนาดอนุภาค 24

2.5.6 การแก้ปัญหามลสารในอากาศ 25

2.5.6.1 ไซโคลนดักฝุ่น (Cyclone Dust Collector) 25

2.5.6.2 สครับเบอร์แบบเปียก (wet scrubber) 28

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 30

3.1 ขั้นตอนการเตรียมปูนขาวสำหรับอุตสาหกรรมเหล็กกล้า 30

3.2 ขั้นตอนการทดสอบการวัดและวิเคราะห์การผลิตแร่ปูนขาว 37

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล 47

4.1 ผลวิเคราะห์ปูนขาว 47

4.1.1 XRD 47

4.1.2 XRF และ การทดสอบเชิงเคมี 56

4.1.3 เครื่องวัดความชื้น 64

4.1.4 Reactivity 64

4.2 ผลวิเคราะห์เรื่องสิ่งแวดล้อม 65

4.2.1 XRF 65

4.2.2 เครื่องวัดอนุภาค 72

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 76

5.1 สรุปผลการทดลอง 76

5.1.1 ปูนขาว 76

5.1.2 สิ่งแวดล้อม 77

5.2 ข้อเสนอแนะ 79

5.2.1 ปูนขาว 79

5.2.2 สิ่งแวดล้อม 79

เอกสารอ้างอิง 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สารประกอบทางเคมีของปูนขาวที่ใช้เติมในเหล็ก 4

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานปูนซีเมนต์ 15

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปูนขาวที่ 1 ด้วยเครื่อง XRD 48

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปูนขาวที่ 2 ด้วยเครื่อง XRD 50

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปูนขาวที่ 3 ด้วยเครื่อง XRD 52

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สารตัวอย่างปูนขาวระหว่าง ผลการคำนวณทางทฤษฎีกับค่าการวัดและวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 800 °C 55

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณหาค่าตำแหน่งมุมพีกของแต่ละธาตุในเชิงคุณภาพจากสมการของแบรกก์ 57

ตารางที่ 4.6 ปริมาณธาตุที่พบในการวิเคราะห์ตัวอย่างปูนขาว 57

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ปูนขาวจากเครื่องวัดความชื้น 64

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ปูนขาวจากเครื่อง Reactivity 64

ตารางที่ 4.9 ปริมาณธาตุที่พบในการวิเคราะห์ตัวอย่างมลสารและมลสารดำ 65

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์จากเครื่องวัดอนุภาค โดย Distribution type : Volume ซึ่งทำการทดสอบเมื่อวันที่ 30 มกราคม 2552 72

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปูนขาวเทียบกับค่ามาตรฐาน 76

ตารางที่ 5.2 แสดงการจัดประเภทของอนุภาคมลสาร 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	ตัวอย่างหินปูน	3
รูปที่ 2.2	วงจรการเกิดปูนขาว	4
รูปที่ 2.3	มลภาวะทางอากาศ	6
รูปที่ 2.4	กลุ่มอากาศแบบ adiabatic	8
รูปที่ 2.5	กลุ่มอากาศแบบ subadiabatic	9
รูปที่ 2.6	กลุ่มอากาศแบบ superadiabatic	9
รูปที่ 2.7	พฤติการณ์ของการพลูมที่มีผลในการแพร่กระจาย	11
รูปที่ 2.8	แสดงส่วนประกอบของระบบ XRD Bruker AXS Model D8 Discover	16
รูปที่ 2.9	หลอดรังสีเอ็กซ์	17
รูปที่ 2.10	แสดงฐานวางชิ้นงาน	18
รูปที่ 2.11	แสดง Detector slit system ที่ติดอยู่กับ Detector	18
รูปที่ 2.12	แสดงช่องใส่ slit ของ Detector slit system	19
รูปที่ 2.13	Detector	19
รูปที่ 2.14	เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ระบบแจกแจงความยาวคลื่น	20
รูปที่ 2.15	องค์ประกอบของเครื่อง XRFS ชนิด Wavelength Dispersive System	21
รูปที่ 2.16	Moisture Analyzer	23
รูปที่ 2.17	REACTIVITY	24
รูปที่ 2.18	เครื่องวัดขนาดอนุภาค	24
รูปที่ 2.19	แสดงระบบระบายอากาศเฉพาะจุดอย่างง่าย	25
รูปที่ 2.20	หัวดูดจากไซโคลนดักฝุ่น	26
รูปที่ 2.21	ลักษณะการเข้าออกของอากาศจากไซโคลนดักฝุ่น	27
รูปที่ 2.22	ไซโคลนดักฝุ่น (Cyclone Dust Collector)	27
รูปที่ 2.23	การทำงานของสครับเบอร์แบบเปียก (wet scrubber)	28
รูปที่ 2.24	สครับเบอร์แบบเปียก (wet scrubber)ภายในโรงงาน	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.1	เหมืองปูนขาว	30
รูปที่ 3.2	การขนส่งวัตถุดิบ	30
รูปที่ 3.3	การตรวจคุณภาพของวัตถุดิบ	31
รูปที่ 3.4	การทำความสะอาดวัตถุดิบก่อนการจัดเก็บ	31
รูปที่ 3.5	การจัดเก็บวัตถุดิบ	32
รูปที่ 3.6	การนำวัตถุดิบเข้าขั้นตอนการกัดล้างหินปูน	32
รูปที่ 3.7	การตักวัตถุดิบเข้า Hopper	33
รูปที่ 3.8	หินปูนขึ้นไปเก็บใน Silo	33
รูปที่ 3.9	กระบวนการการผลิตปูนขาว	34
รูปที่ 3.10	หินปูนที่ถูกคัดทิ้ง	34
รูปที่ 3.11	กระบวนการการผลิตปูนขาว	35
รูปที่ 3.12	กระบวนการการผลิตปูนขาว	35
รูปที่ 3.13	กระบวนการการผลิตปูนขาว	36
รูปที่ 3.14	กระบวนการการจัดเก็บปูนขาว	36
รูปที่ 3.15	การประยุกต์ใช้	37
รูปที่ 3.16	ชุดหา Reactivity	42
รูปที่ 3.17	สิ่งมีชีวิตที่สามารถอยู่ในโรงงานได้	43
รูปที่ 3.18	แหล่งที่มาของฝุ่นบริเวณรอบๆ โรงงาน	44
รูปที่ 3.19	แหล่งที่มาของฝุ่นบริเวณเครื่องดักฝุ่น	44
รูปที่ 3.20	เครื่อง Laser Particle Size Distribution Analyzer	45
รูปที่ 3.21	ปล่องควันของโรงงาน	46
รูปที่ 4.1	กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่ 1 ด้วยเครื่อง XRD	49
รูปที่ 4.2	กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่ 2 ด้วยเครื่อง XRD	51
รูปที่ 4.3	กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่ 3 ด้วยเครื่อง XRD	53
รูปที่ 4.4	กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่1,2,3 ด้วยเครื่อง XRF	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.5	กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่1,2,3 ด้วยเครื่อง XRF	59
รูปที่ 4.6	กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่1,2,3 ด้วยเครื่อง XRF	60
รูปที่ 4.7	กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่1,2,3 ด้วยเครื่อง XRF	61
รูปที่ 4.8	กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่1,2,3 ด้วยเครื่อง XRF	62
รูปที่ 4.9	กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่1,2,3 ด้วยเครื่อง XRF	63
รูปที่ 4.10	กราฟผลการวิเคราะห์มลสารดำและมลสาร (center) ด้วยเครื่อง XRF	66
รูปที่ 4.11	กราฟผลการวิเคราะห์มลสารดำและมลสาร (center) ด้วยเครื่อง XRF	67
รูปที่ 4.12	กราฟผลการวิเคราะห์มลสารดำและมลสาร (center) ด้วยเครื่อง XRF	68
รูปที่ 4.13	กราฟผลการวิเคราะห์มลสารดำและมลสาร (center) ด้วยเครื่อง XRF	69
รูปที่ 4.14	กราฟผลการวิเคราะห์มลสารดำและมลสาร (center) ด้วยเครื่อง XRF	70
รูปที่ 4.15	กราฟผลการวิเคราะห์มลสารดำและมลสาร (center) ด้วยเครื่อง XRF	71
รูปที่ 5.1	กลุ่มอากาศแบบ adiabatic	78
รูปที่ 5.2	Lofting Plume	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ในปัจจุบันได้มีการศึกษาและพัฒนาทางด้านวัสดุศาสตร์และอุตสาหกรรมต่างๆมากมายหลายประเภทรวมไปถึงปูนขาว ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ได้มาจากหินปูนที่มีอยู่ตามธรรมชาติ โดยจะมีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อม หินปูน (Lime Stone) ที่ดีจะประกอบด้วยธาตุแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นส่วนใหญ่ จากนั้นเข้าสู่กระบวนการการผลิตโดยนำหินปูนที่คัดเลือกแล้วมาเผาด้วยความร้อนสูงประมาณ 800°C - 1000°C จึงจะได้เป็นปูนสุก (แคลเซียมออกไซด์, CaO) แล้วนำมาบดเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นจะนำมาใช้เป็นส่วนเติมเต็มของผลิตภัณฑ์ทางด้านอุตสาหกรรมมากมาย เช่น ยาง เซรามิค กระดาษ โซดาไฟ สารฟอกขาว และในการผลิตเหล็กเพื่อดึงสารเจือปน เป็นต้น

โครงงานพิเศษนี้จึงมีความสนใจที่จะทำศึกษาขั้นตอนการทำปูนขาวสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเหล็กโดยใช้เครื่องมือการวัดและวิเคราะห์ ตัวอย่างเช่น เครื่องเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X - Ray Diffraction ; XRD) , X-Ray Fluorescence Spectroscopy (XRF) และเครื่องวัดความชื้น เป็นต้น ในการวัดคุณภาพของปูนขาวที่ใช้เพื่อดึงสารเจือปนในการผลิตเหล็กได้อย่างถูกต้องและสามารถเรียนรู้ เข้าใจและการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่ทำการวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงการวิเคราะห์ฝุ่นที่ตกค้างที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทสุธากัญจน์ในการศึกษากระบวนการผลิตปูนขาวและการเก็บตัวอย่างต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการทำปูนขาวสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเหล็กอย่างมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อศึกษาการใช้เครื่องมือการวัดและวิเคราะห์ ที่ใช้ในการผลิตปูนขาว
3. เพื่อศึกษาการวัดและวิเคราะห์ส่วนประกอบของปูนขาวในด้านอุตสาหกรรมที่ใช้ดึงสารเจือปนในการผลิตเหล็ก
4. เพื่อศึกษาการวัดและวิเคราะห์ฝุ่นที่ตกค้างที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการการใช้เครื่องการผลิตปูนขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ศึกษาขั้นตอนการทำปูนขาวสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเหล็กอย่างมีประสิทธิภาพ
3. ศึกษาการวัดและวิเคราะห์ส่วนประกอบของปูนขาวในด้านอุตสาหกรรมที่ใช้ดึงสารเจือปนในการผลิตเหล็ก
4. ศึกษาทฤษฎีและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในโรงงานอุตสาหกรรม
5. ศึกษาทฤษฎีและวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบจากโรงงาน
6. สรุปผลและวิเคราะห์ผลการศึกษา

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

ช่วงเวลา	ขั้นตอนการดำเนินงาน
มิถุนายน – กรกฎาคม พ.ศ. 2551	ศึกษาทฤษฎีและหลักการการใช้เครื่องมือการผลิตปูนขาว
สิงหาคม – กันยายน พ.ศ. 2551	ศึกษาคุณสมบัติของปูนขาว เช่น แหล่งที่มา ขั้นตอนการผลิต และค่ามาตรฐานต่างๆของการตรวจวัดคุณภาพของปูนขาวสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเหล็ก และเตรียมปูนขาวเพื่อนำมาทดสอบกับเครื่องมือและทฤษฎีหลักการที่มีอธิพลต่อสิ่งแวดล้อม
ตุลาคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2551	นำปูนขาว และองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อสิ่งแวดล้อมที่เตรียมไว้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตปูนขาว
ธันวาคม พ.ศ. 2551– กุมภาพันธ์ พ.ศ.2552	วิเคราะห์ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ว่าผลการทดสอบนั้นถูกต้องแม่นยำ และสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

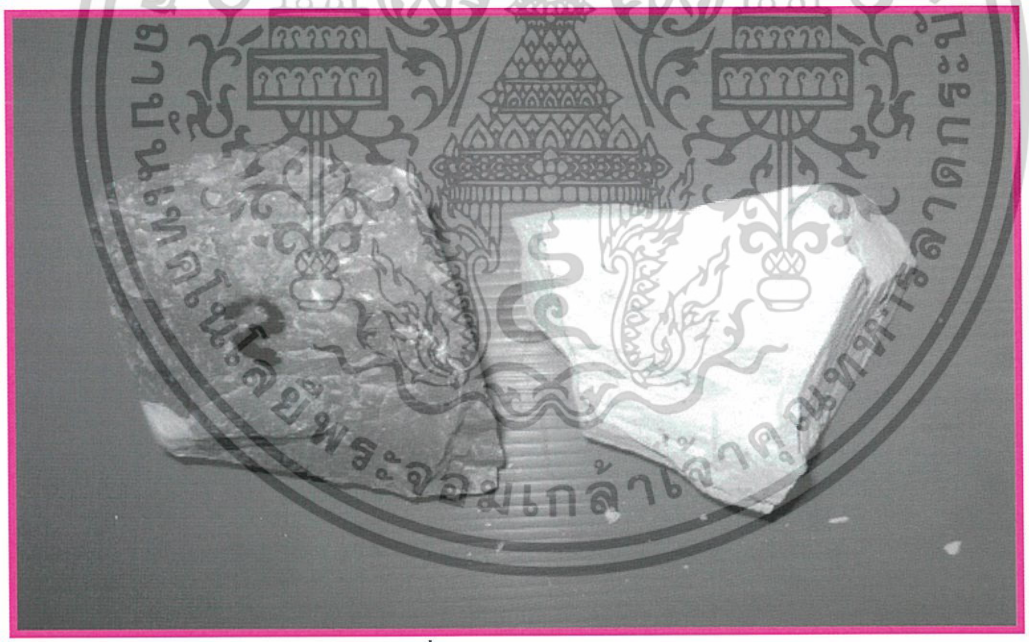
1. สามารถนำความรู้ในหลักสูตรที่เรียนมาประยุกต์ใช้กับระบบเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตปูนขาว
2. มีความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงานของเครื่องมือที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. มีความรู้เกี่ยวกับโครงสร้าง องค์ประกอบของธาตุและคุณสมบัติในตัวปูนขาวในด้านอุตสาหกรรมที่ใช้ดึงสารเจือปนในการผลิตเหล็ก
4. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอิทธิพลต่างๆที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องและเข้าใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ลักษณะปูนขาวทางกายภาพ

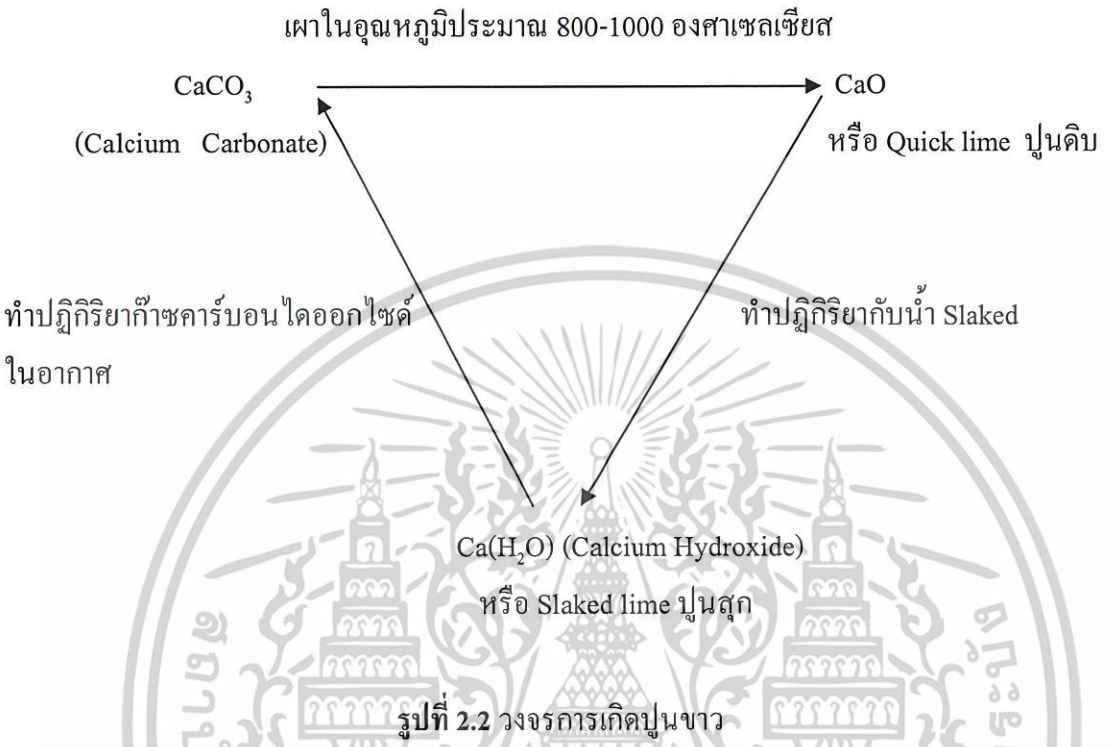
ปูนขาว (Lime)โดยทั่วไปได้จากการเผาวัสดุที่มีส่วนประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) เช่น หินปูน หินอ่อน และเปลือกหอย ฯลฯ เผาด้วยอุณหภูมิประมาณ 800-1000 องศาเซลเซียส ได้เป็นแคลเซียมออกไซด์ (Calcium Oxide)หรือ Quick lime เรียกว่า ปูนดิบ มีลักษณะเป็นผง หรือเป็นก้อนสีขาว ปูนดิบเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะเกิดการแตกตัวและเมื่อถึงจุดเดือดจะได้เป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium Hydroxide) หรือ Slaked lime เรียกว่า ปูนสุก และปูนสุก เมื่อทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide) ในอากาศ น้ำจะระเหยออกไป โดยที่ปูนสุกจะกลับเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีความแข็งเหมือนเดิมอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างหินปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพการเกิดปูนขาว



รูปที่ 2.2 วงจรการเกิดปูนขาว

2.2 สารประกอบทางเคมีของปูนขาวที่ใช้เติมในเหล็ก

ตารางที่ 2.1 สารประกอบทางเคมีของปูนขาวที่ใช้เติมในเหล็ก

Analysis	Method	Spec
Cao	XRD,XRF	85%(min)
Impurity Content	XRD,XRF	3.20%(max)
Moisture	เครื่องวัดความชื้น	2.00%(max)
Reactivity T=60°C	Reactivity	<5.0(min)
Max temp	Reactivity	60°C(min)
Size	ตะแกรงที่เครื่องคัด	20-60 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คุณสมบัติของเหล็กกล้า

แหล่งกำเนิดเหล็กมีสองแหล่งใหญ่ๆ คือ แหล่งทรัพยากรธรรมชาติและแหล่งทรัพยากรหมุนเวียน กรรมวิธีการแปรสภาพทรัพยากรทั้งสองแหล่งอาจจะเหมือนกันหรือแตกต่างกัน การสำรวจแหล่งทรัพยากรสมัยใหม่จะเริ่มต้นด้วยการสำรวจธรณีวิทยา จากภาพถ่ายดาวเทียม และภาพถ่ายทางอากาศ เมื่อพบว่าบริเวณใดมีแนวโน้มจะมีแร่ธาตุสำคัญ ปริมาณมากพอในเชิงพาณิชย์ได้ ก็จะทำการสำรวจทางภาคสนามเพิ่มเติม โดยใช้เทคนิคทางธรณีเคมี ธรณีฟิสิกส์ และการเจาะสำรวจเมื่อได้ข้อมูลมากพอ และวิเคราะห์แล้วว่าคุ้มการลงทุน ก็จะเริ่มดำเนินการเลือกวิธีการทำเหมืองต่อไป

เหล็กดิบที่ได้จากเตาถลุงนั้นจะมีปริมาณของธาตุมลทินอยู่เป็นจำนวนมาก เหล็กดิบที่ได้จะเปราะและไม่สามารถจะนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้ จะต้องนำมาผ่านกระบวนการที่สำคัญอีกครั้งเพื่อที่จะลดปริมาณของธาตุมลทิน และเพื่อให้ได้ส่วนผสมตามต้องการ กระบวนการนี้เราเรียกว่าการรีไฟน์ (refining) ซึ่งการรีไฟน์เหล็กก็คือ การผลิตเหล็กกล้านั่นเอง

เหล็กกล้าคือเหล็กเจือคาร์บอนสูงสุดไม่เกินร้อยละ 1.7 สามารถทุบขึ้นรูปได้ที่อุณหภูมิระหว่าง800 - 1000 องศาเซลเซียส โดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีอื่นใดอีก เป้าหมายในการผลิตเหล็กกล้าคือ ลดปริมาณคาร์บอนให้ได้ค่าตามต้องการ ขับหรือแยกธาตุฟอสฟอรัส และกำมะถันให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่กระทำได้ และลดออกซิเจนในเหล็กออกให้หมด เพราะออกซิเจนทำให้เหล็กแตกได้ในขณะร้อนและทำให้เหล็กเปราะในขณะใช้งาน

หลักการของการผลิตเหล็กกล้าคือการทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่น(oxidation) ของธาตุคาร์บอน ซิลิกา แมงกานีสและบางส่วนของฟอสฟอรัสจะรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นออกไซด์ ส่วนกำมะถันและฟอสฟอรัสที่เหลือบางส่วนจะแยกตัวไปอยู่ที่สแลก ผลที่ได้คือเหล็กที่มีปริมาณของธาตุมลทินต่างๆ ค่อนข้างต่ำ มีความแข็งแรงและความเหนียวสูงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ปฏิกิริยาทางเคมีในขณะหลอมเหล็กเมื่อใส่ปูนขาวลงไปมีดังต่อไปนี้

ลดคาร์บอน	$C + 2FeO$	$\rightarrow$	$2Fe + CO_2$
ลดกำมะถัน	$S + CaO$	$\rightarrow$	$CaS + O$
ลดซิลิคอน	$Si + 2FeO + CaO$	$\rightarrow$	$2Fe + CaO.SiO_2$
ลดแมงกานีส	$Mn + FeO$	$\rightarrow$	$Fe + MnO$
ลดฟอสฟอรัส	$2P + 5FeO + 3CaO$	$\rightarrow$	$5Fe + 3CaO.P_2O_5$

สาร $CaO.SiO_2$, MnO, $CaO.P_2O_5$, และ CaS นี้จะเป็นขี้ตะกรัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ประโยชน์ของเหล็กดิบและเหล็กกล้า

โลหะที่ผ่านการหล่อเป็นแท่ง หรือหล่อที่ต่อเนื่องมาแล้ว จะเป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการผลิตภาคแปรรูป เมื่อทำเป็นวัสดุใช้งานต่อๆไป ทั้งนี้แล้วแต่วัตถุประสงค์ของผู้ใช้งาน งานสำคัญๆในขั้นตอนนี้ ได้แก่

1. งานหล่อโลหะรูปพรรณ (metal casting)
2. งานขึ้นรูป (metal working)
3. งานเครื่องมือกล (machining)
4. งานอบชุบ (heat treating)
5. งานแต่งผิว (surface finishing)

ในบรรดากลุ่มโลหะทั้งหมด เหล็กเป็นกลุ่มโลหะที่มีบทบาทในงานวิศวกรรมมากที่สุด แม้ว่าจะมีวัสดุทดแทนโลหะกลุ่มเหล็กเพิ่มขึ้น โลหะกลุ่มเหล็กก็ยังคงความสำคัญในงานวิศวกรรมอยู่อีกมากทั้งนี้เพราะเหล็กก็ยังคงเป็นวัสดุที่มีราคาค่อนข้างถูกเมื่อเทียบกับวัสดุอื่น

2.4 สิ่งแวดล้อม

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆได้ให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมภายในโรงงานกันมากขึ้น เนื่องมาจากปัจจุบันประเทศไทยมีปัญหาสิ่งแวดล้อมต่างๆมากมาย ทั้งเรื่องมลภาวะทางอากาศ น้ำ และขยะ ซึ่งแต่ละโรงงานนั้นก็ปัญหาที่แตกต่างกันไป และโรงงานปูนขาวก็เช่นกัน แต่ทางโรงงานได้มีการจัดการกับสภาพแวดล้อมเพื่อให้ภายในโรงงานมีความปลอดภัยและไม่ทำให้เกิดอันตรายกับบุคลากรภายใน และปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ก็คือ มลภาวะทางอากาศนั้นเอง

รูปที่2.3 มลภาวะทางอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาวะมลพิษทางอากาศ (Air Pollution) หมายถึง ภาวะที่อากาศมีการเจือปนของสารหรือสิ่งปนเปื้อนในปริมาณที่มากพอ ทำให้อากาศเสื่อมคุณภาพเป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช มลสาร (Pollutant) ที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศมีทั้งในรูปของแข็ง ฝุ่นละออง ไอระเหยหรือก๊าซ รวมทั้งกลิ่น เขม่า ควัน สารกัมมันตรังสี สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ปรอท ตะกั่ว ออกไซด์ของไนโตรเจน และคาร์บอน เป็นต้น

2.4.1 แหล่งกำเนิดมลภาวะทางอากาศ

- การเผาไหม้เชื้อเพลิงของกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ รถยนต์ การเผาขยะมูลฝอย การผลิตไฟฟ้าโดยใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ขี้เถ้า และออกไซด์ของโลหะ เป็นต้น

- การฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองและอนุภาคต่างๆ จากกิจกรรมผสม บด โม่ การก่อสร้าง และการขนส่งวัสดุและสินค้า

-โรงงานอุตสาหกรรมผลิตหรือแปรรูปวัตถุดิบ ได้แก่ การผลิตสารเคมี กระดาษ ปุ๋ย เหล็กกล้า อลูมิเนียม เป็นต้น ซึ่งอาจมีการปล่อยสารพิษออกมาเช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ออกไซด์ของซัลเฟอร์แอมโมเนีย ไอตะกั่ว สารหนู เป็นต้น

- การเกษตร เช่น การเผาพื้นที่ทำการเกษตร การฉีดพ่นสารเคมี ทำให้เกิดสารมลพิษจำพวกสารหนู สารตะกั่ว ควัน และขี้เถ้า เป็นต้น

- เตาปฏิกรณ์ เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า การทดลองระเบิดนิวเคลียร์ เป็นต้น ทำให้เกิดฝุ่นละอองของยูเรเนียม

- แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ เช่น ไฟป่า การเกิดปฏิกิริยาชีวเคมี ได้แก่ การเน่าเปื่อยและหมักของสารอินทรีย์ในน้ำ ดิน จะทำให้เกิดก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย เป็นต้น

2.4.2 อุณหภูมิในบรรยากาศ

- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกับความสูง

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกับความสูงมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเคลื่อนที่ของมลสาร ปริมาณของความแปรปรวนที่มีเพื่อที่จะกระจายมลสารขึ้นกับอุณหภูมิที่ระดับต่างๆ ในบรรยากาศ ความสัมพันธ์ระหว่างความกดอากาศกับความสูงแยกได้เป็น 2 กรณีด้วยกันคือ

1. กรณีที่อุณหภูมิของบรรยากาศเป็น isothermal หรืออุณหภูมิที่มีค่าคงที่ และเป็นกรณีที่ n =1 จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right) = (Z_1 - Z_2)\frac{g}{RT} \qquad (2.1)$$

ที่ผิวโลก $Z_1 = 0$

$$P_2 = P_1 e^{-(z_2 g / RT)} \qquad (2.2)$$

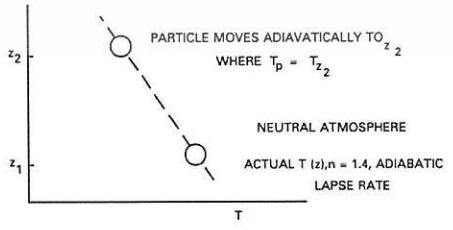
2. กรณีอุณหภูมิของบรรยากาศเป็น isentropic หรือบรรยากาศที่มี entropy ที่มีค่าคงที่ตลอดความสูง โดยที่มี n = 1.4 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความสูงอาจหาได้จากสมการ

$$(Z_1 - Z_2) = -\frac{nR}{(n-1)g}(T_2 - T_1) \qquad (2.3)$$

- การเคลื่อนไหวของอากาศ
  1. กรณีที่หนึ่ง กลุ่มอากาศแบบ adiabatic
  2. กรณีที่สอง กลุ่มอากาศแบบ subadiabatic
  3. กรณีที่สาม กลุ่มอากาศแบบ superadiabatic

กรณีที่หนึ่ง กลุ่มอากาศแบบ adiabatic

กลุ่มอากาศจะลอยขึ้นไปในบรรยากาศโดยผ่านเขตที่มีความกดอากาศต่ำกว่า และในขณะที่ลอยขึ้นมันจะขยายตัว การขยายตัวนี้เป็นงานที่กระทำต่อสิ่งรอบตัว ดังนั้นอุณหภูมิของกลุ่มอากาศจะลดลง ซึ่งเกิดขึ้นเร็วมากพอที่จะสมมติได้ว่าเป็นแบบ adiabatic คือ ไม่มีการถ่ายเทความร้อน ถ้าบรรยากาศมี lapse rate เป็นแบบ adiabatic เหมือนกัน เมื่อกลุ่มอากาศนั้นลอยถึงตำแหน่ง Z_2 จะมีอุณหภูมิเท่ากับสิ่งรอบตัว แล้วหยุดนิ่งอยู่ตรงนั้น เรียกบรรยากาศที่มี lapse rate เป็นแบบ adiabatic ว่าเป็นบรรยากาศแบบสะเทิน (neutral stability)

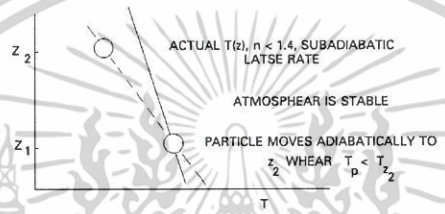


รูปที่2.4 กลุ่มอากาศแบบ adiabatic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่สอง กลุ่มอากาศแบบ subadiabatic

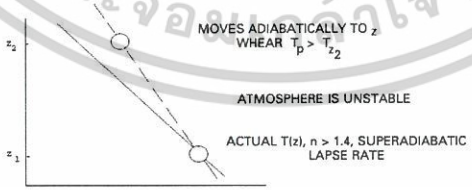
กลุ่มอากาศลอยขึ้นแบบ adiabatic แต่ lapse rate ของบรรยากาศเป็นแบบ subadiabatic คือเมื่ออากาศลอยถึงตำแหน่ง Z_2 จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าสิ่งรอบตัว ดังนั้นกลุ่มอากาศนั้นจะหนักกว่าอากาศรอบ ๆ ตัว และพยายามจะตกกลับไปยังตำแหน่งเริ่มต้น เรียกลักษณะบรรยากาศแบบนี้ว่า บรรยากาศคงตัว (Stable)



รูปที่ 2.5 กลุ่มอากาศแบบ subadiabatic

กรณีที่สาม กลุ่มอากาศแบบ superadiabatic

Lapse rate ของบรรยากาศ เป็นแบบ superadiabatic เมื่ออากาศลอยถึงตำแหน่ง Z_2 จะมีอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งรอบตัว ดังนั้นกลุ่มอากาศนี้จะลอยขึ้นไปเรื่อย ๆ บรรยากาศเช่นนี้เรียกว่า บรรยากาศไม่คงตัว (unstable)



รูปที่ 2.6 กลุ่มอากาศแบบ superadiabatic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

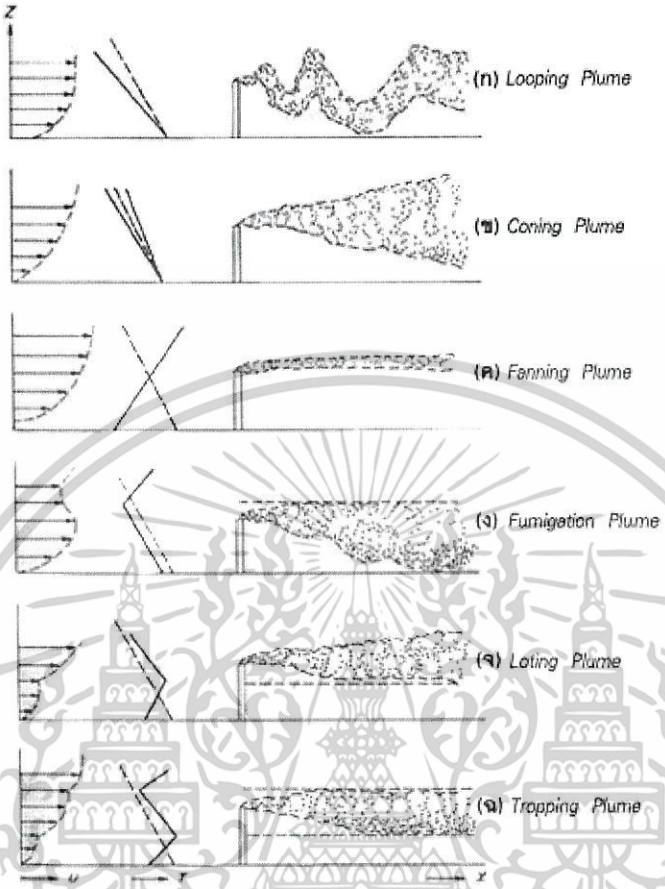
2.4.3 พลูม (Plume)

พลูม คือลำของควันร้อนซึ่งเป็นแก๊สผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ลอยตัวขึ้นไปในแนวดิ่งเนื่องจากแรงลอยตัว

การกระจายของพลูมนั้นขึ้นอยู่โดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบรรยากาศทางแนวดิ่งพลูมที่ออกจากปล่องไฟอาจแบ่งได้เป็น 6 แบบ ตามลักษณะการกระจายของพลูม คือ

1. Looping เกิดเมื่ออากาศมีความปั่นป่วนมาก Looping นี้เกิดระหว่างฤดูร้อนที่ท้องฟ้าแจ่มใสและแสงอาทิตย์ที่ส่องมาถึงโลกมีปริมาณมาก ความปั่นป่วนที่เกิดจากความร้อนนี้ทำให้เกิดกระแสวนขนาดใหญ่ ทำให้พลูมกระจายโดยรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ดีอาจจะมีจุดความเข้มข้นสูงเกิดขึ้นในบริเวณใกล้ปล่องไฟถ้ากระแสวนพาให้พลูมถึงพื้นดิน
2. Coning พลูมจะมีรูปเหมือนกรวย และการกระจายจะช้ากว่าแบบ looping Coning จะเกิดเมื่อบรรยากาศครึ้มฟ้าครึ้มฝน หรือในเวลากลางคืน และมีความเร็วลมปานกลาง
3. Fanning เกิดเมื่อความลาดของอุณหภูมิเป็นบวกหรือเกิดอินเวอร์ชั่นทั้งด้านบนและด้านล่างของพลูมตลอดความสูง ดังนั้นการกระจายทางแนวดิ่งจะน้อย ส่วนใหญ่จะกระจายทางแนวนอน แม้ว่า fanning จะไม่ทำให้เกิดความเข้มข้นของมลสารที่พื้นดินสูง แต่บ่อยครั้งจะเกิดนำ fumigation
4. Fumigation เกิดเมื่อมีอินเวอร์ชั่นทางด้านบนของพลูม fumigation อาจเกิดโดยการสลายตัวของอินเวอร์ชั่นที่ระดับพื้นดินหรือเกิดจากลมบกลมทะเล
5. Lofting เกิดเมื่อมีอินเวอร์ชั่นทางด้านล่างของพลูม ทำให้ไม่มีการผสมทางด้านล่าง สภาพนี้จะเกิดในเวลาเย็น เมื่อมีอินเวอร์ชั่นที่ระดับพื้นดิน เนื่องจากการแผ่รังสีที่เกิดขึ้น และความสูงของปล่องไฟสูงกว่าระดับอินเวอร์ชั่นเมื่อระดับอินเวอร์ชั่นสูงขึ้นจนผ่านระดับปล่องไฟ การกระจายของพลูมจะเปลี่ยนจากแบบ lofting เป็นแบบ fanning
6. Trapping เกิดขึ้นเมื่อพลูมถูกกักไว้ระหว่างอินเวอร์ชั่น โดยที่มีช่องทางแนวดิ่งจำกัดสำหรับการกระจายของพลูม fanning ต่างกับ trapping ตรงที่ไม่มีช่วงกระจายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 พฤติการณ์ของการพลูมที่มีผลในการแพร่กระจาย

2.4.4 มลสารในอากาศ

มลสารในอากาศ หมายถึง สารใดๆ ก็ตามในอากาศที่มีผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมทั้งก่อให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุ สิ่งก่อสร้าง

จำแนกตามสถานะของมลสาร

1. อนุภาคมลสาร (Particulate pollutant/Aerosals) ได้แก่มลสารใดๆ ในบรรยากาศ ที่ได้จากการฟุ้งกระจายของของเหลวหรือของแข็ง ในตัวกลางที่เป็นก๊าซสามารถลอยในอากาศในรูปสิ่งแขวนลอย หรืออาจมีน้ำหนักมากพอที่จะตกลงสู่เบื้องล่างได้ ด้วยแรงโน้มถ่วง ปกติแล้วมีขนาด 0.01-100 ไมครอน จำแนกเป็น

1) dust (ฝุ่นละออง) เกิดจากการย่อยขนาด เช่น การบด การระเบิด การป่น การขุด ปกติมีขนาดประมาณ 20 ไมครอน (ถ้าน้อยกว่า 5 ไมครอน จะแขวนลอยในอากาศ ถ้ามากกว่า 5 ไมครอน อาจตกสู่พื้นด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ขึ้นกับกระแส ลม ในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) smoke (ควัน) เป็นอนุภาคของคาร์บอน ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ไม้ หญ้าแห้ง มีขนาดตั้งแต่ 2.5 ถึง 1 ไมครอน เพราะฉะนั้น ไม่สามารถตกสู่พื้นโลกได้

3) mist (ละอองไอ) เป็นละอองไอของ ของเหลวที่มีขนาดเล็ก เกิดจากการทำให้ของเหลวแตกกระจายด้วยแรงกระทำ

4) fume (ไอควัน) เป็นอนุภาคของแข็งที่มีขนาดเล็กๆ ซึ่งรวมตัวอยู่กับไอน้ำ ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ การกลั่นหรือ
จากการทำปฏิกริยาของสารเคมี เช่นการเผาตะกั่ว หรือ สังกะสี ทำให้มีไอควันของตะกั่ว หรือสังกะสีเกิดขึ้น มีขนาด 0.03-0.3 ไมครอน

5) fly ash เป็นลักษณะของ dust + smoke แล้วก็ fume ผสมกัน มีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วงเดียวกับ dust เหมือน smoke คือเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ เหมือน fume คือ มีส่วนประกอบของแร่ธาตุต่างๆ

6) ฝุ่น ประกอบด้วยอนุภาคของแข็งที่ใหญ่กว่า Colloid และอาจลอยอยู่ได้ในอากาศชั่วครู่หนึ่ง มีขนาด 20-200 มครอน

7) ขี้เถ้า หรือขี้เถ้าลอยที่ปลิวออกมาไอ้เสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลง มีขนาด 3-110 ไมครอน

2. มลสารที่เป็นก๊าซ (Gaseous pollutants) หมายถึง สิ่งเจือปนในอากาศที่ได้แก่ ก๊าซ และไอระเหยของเชื้อเพลิงต่างๆ

1) ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส ละลายน้ำได้เล็กน้อย ติดไฟได้ เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารประกอบคาร์บอน ดังสมการ

$$C + 1/2\ O \longrightarrow CO$$

เช่น รถยนต์หรือเครื่องจักรที่ใช้น้ำมันเบนซินหรือก๊าซธรรมชาติที่เป็นเชื้อเพลิง และมีการสันดาปที่ไม่สมบูรณ์ภาวะความเป็นพิษของคาร์บอนมอนนอกไซด์เกิดเมื่อเราหายใจเข้าไป ก๊าซนี้จะไปรวมตัวกับเฮโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ได้มากกว่าออกซิเจน 200-250 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีเฮโมโกบิน (Caboxy haemogobin) ดังสมการ

$$CO + \text{hemoglobin} \longrightarrow COHb$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนไปยังเนื้อเยื่อและสมองลดลง มีผลต่อสุขภาพ ดังนี้

% COHb อิ่มตัวในเลือด	อาการตอบสนอง
น้อยกว่า 1	ยังไม่ปรากฏอาการใดๆ
1-2	กระตุ้นให้ปริมาณเลือดที่ส่งไปเลี้ยงอวัยวะสำคัญบางส่วนเพิ่มขึ้น
2-5	มีผลต่อระดับประสาทส่วนกลาง ปวดศรีษะ การมองเห็นผิดปกติ คลื่นเหียน ลดความสามารถในการทำงาน
5-10	เปลี่ยนแปลงการทำงานของหัวใจและปอด
10-80	ปวดศรีษะอย่างแรง คลื่นเหียน โคมา ระบบหัวใจล้มเหลว ชักตาย

โดยมาตรฐาน CO ยอมให้มีมากที่สุด 100 ppm

2) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)เป็นก๊าซที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบชีวาลัย (Bioshere) ดังนั้นโดยปกติแล้วไม่นับว่าคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ แต่อย่างไรก็ตาม การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ และกิจกรรมอื่นๆ ของมนุษย์ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมาก ซึ่งในปัจจุบันนี้ พบว่า คาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศทั่วโลกเพิ่มมากขึ้น ลักษณะเช่นนี้จะมีผลกระทบต่อบรรยากาศของโลกทำให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect)

3) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นฉุนคล้ายกลิ่นไม้ขีดไฟขณะติดไฟ ระคายจมูก ละลายน้ำได้ดีมากที่ระดับความเข้มข้น 0.3-1.0 ppm มีฤทธิ์เป็นกรด และมีอำนาจกัดกร่อน และเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต เกิดจากเครื่องยนต์ เครื่องจักรที่ใช้เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันเตา เบนซิน ดีเซล ถ่านหิน ซึ่งมีกำมะถันหรือซัลเฟอร์ผสมอยู่ นอกจากนี้การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมก็ทำให้เกิดก๊าซนี้ด้วย ในธรรมชาติก๊าซนี้เกิดขึ้นได้จำนวนมากเมื่อเกิดภูเขาไฟระเบิด

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

SO_2 ที่เกิดขึ้นสามารถรวมตัวกับไอน้ำ ในบรรยากาศทำให้เกิดกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)และตกลงมากับฝนทำให้เกิดฝนกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S+O_2 \longrightarrow SO_2$$
$$SO_2+OH \longrightarrow HOSO_2$$
$$HOSO_2+O_2 \longrightarrow SO_3+H_2O$$
$$SO_3+H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

SO_2 มีผลให้หลอดลมส่วน บน เช่น จมูก ช่องจมูก เกิดการอักเสบ ถุงลมโป่งพอง เนื้อเยื่อปอดเป็นผังผืด ไม่มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนกับเลือด ทำให้เกิดอาการหอบ หัวใจวายตายได้

ผลของ SO_2 ต่อพืช ทำให้เกิดการทำลายเซลล์เนื้อเยื่ออ่อนของพืช ทำให้ใบร่วง ไหม้ ต้นแคระ ผลผลิตต่ำ สามารถทำให้พืชตายได้

ผลต่อวัสดุ สิ่งก่อสร้าง เกิดผลต่อสิ่งก่อสร้างพวกหินปูน โดยกรดจะรวมกับหินปูนเกิดเป็น $CaSO_4$ซึ่งถูกชะล้างได้ง่าย ทำให้วัสดุเกิดการสึกกร่อน

$$CaCO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O$$

H_2SO_4 สามารถกัดกร่อน ยาง ผ้า และโลหะ

4) NOx (ออกไซด์ของไนโตรเจน)

เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาวะอุณหภูมิสูง (1000 องศาเซลเซียส) ออกซิเจนเพียงพอ (การเผาไหม้ดีเท่าไหร่ ไนโตรเจนออกไซด์ก็เกิดขึ้นได้ดีเท่านั้น

$$N_2 + O_2 \longrightarrow 2NO \text{ (ไนตริกออกไซด์)}$$

จากตารางที่ 2.4 เป็นการสรุปมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานปูนซีเมนต์ที่ได้ ประกาศจากกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานปูนซีเมนต์ ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 121 ตอนพิเศษ 12ง วันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2547 และ ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้โรงงานปูนซีเมนต์เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 121 ตอนพิเศษ 12ง วันที่ 30 มกราคม พ.ศ. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานปูนซีเมนต์

มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงานปูนซีเมนต์			
ประเภทของโรงงานปูนซีเมนต์	**มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสีย**		
	ฝุ่นละออง (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	**ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)**	**ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนคำนวณผลในรูปของไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)**
โรงงานปูนซีเมนต์เก่าที่ปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ณ บริเวณดังต่อไปนี้			
1. หม้อเผาปูนซีเมนต์ทั่วไป	ไม่เกิน 300	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 600
2. หม้อเผาปูนซีเมนต์ขาว	ไม่เกิน 300	ไม่เกิน 600	ไม่เกิน 600
3. หม้อเย็น หม้อบดปูนและหม้อบดถ่านหิน	ไม่เกิน 200		
โรงงานปูนซีเมนต์ใหม่ที่ปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม ณ บริเวณดังต่อไปนี้			
1. หม้อเผาปูนซีเมนต์ทั่วไป	ไม่เกิน 120	ไม่เกิน 50	ไม่เกิน 500
2. หม้อเผาปูนซีเมนต์ขาว	ไม่เกิน 120	ไม่เกิน 500	ไม่เกิน 500
3. หม้อเย็น หม้อบดปูนและหม้อบดถ่านหิน	ไม่เกิน 120		

หมายเหตุ : 1. โรงงานปูนซีเมนต์เก่า คือ โรงงานปูนซีเมนต์ที่ได้ยื่นขอรับหรือได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานก่อนวันที่ประกาศนี้มีผลใช้บังคับ

2. โรงงานปูนซีเมนต์ใหม่ คือ โรงงานปูนซีเมนต์ที่ได้ยื่นขอรับหรือได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานตั้งแต่วันถัดจากวันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา

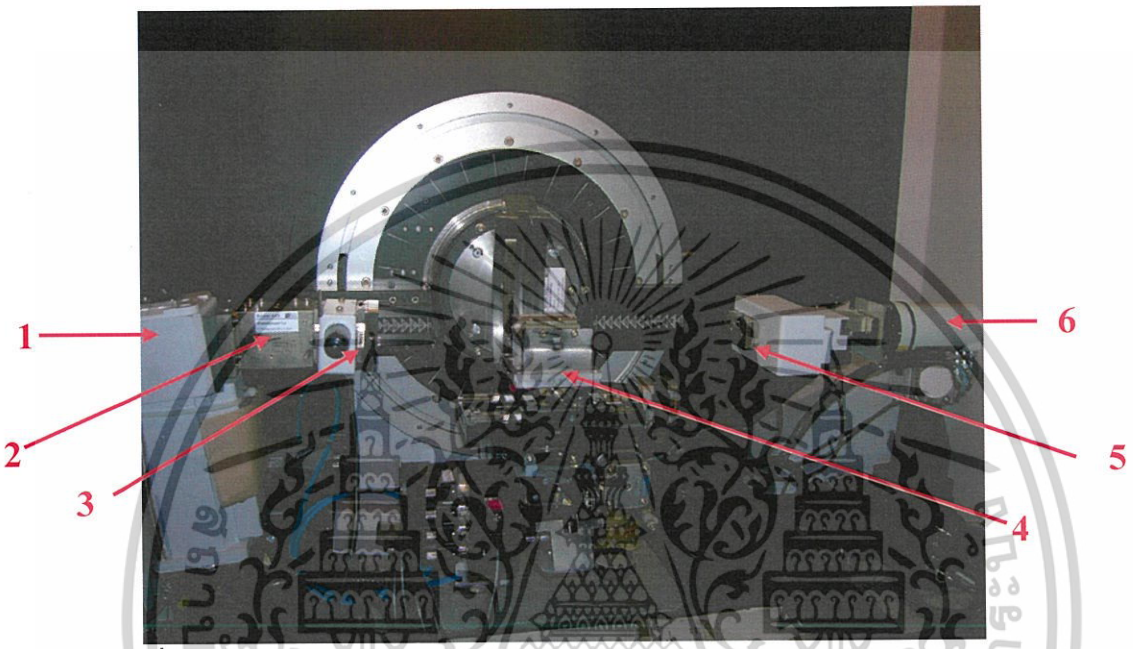
3. ให้คำนวณความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศเทียบที่สภาวะอ้างอิง อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท หรือ ความดัน 1 บรรยากาศ ที่สภาวะแห้งปริมาตรอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ ร้อยละ 50 หรือที่ออกซิเจนร้อยละ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เครื่องมือการวัดและวิเคราะห์

2.5.1 XRD (X-ray Diffractometer : เครื่องวัดการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์)

หลักการของเครื่องเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของ Bruker AXS Model D8 Discover



รูปที่ 2.8 แสดงส่วนประกอบของระบบ XRD Bruker AXS Model D8 Discover

หมายเลข 1 คือ X-Ray tube หมายเลข 2 คือ Gobel Mirror

หมายเลข 3 คือ Aperture slit system หมายเลข 4 คือ sample carrier

หมายเลข 5 คือ Detecture slit system หมายเลข 6 คือ Detector

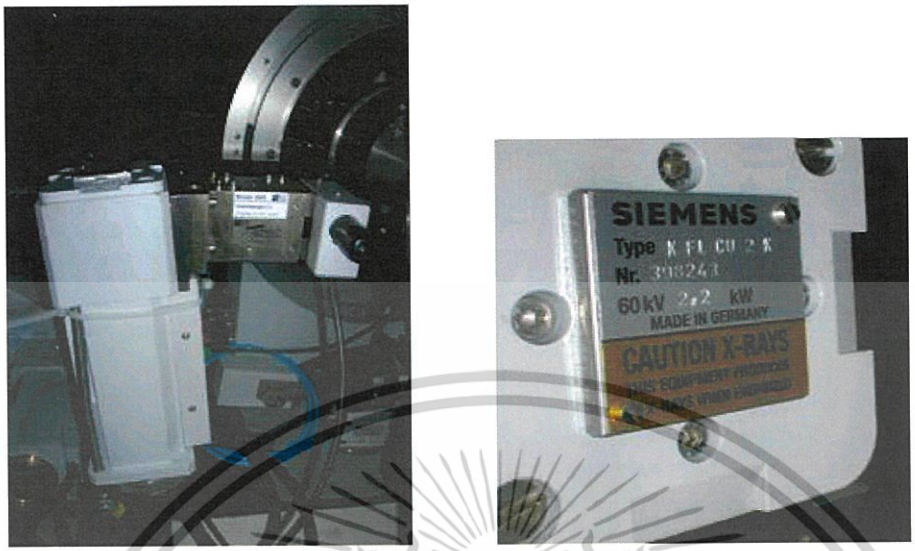
ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบ XRD Bruker AXS Model D8 Discover แบ่งเป็น3ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ส่วนกระตุ้น (excitation) คือ หมายเลข 1 : หลอดรังสีเอ็กซ์ (X-Ray tube)

หลอดรังสีเอ็กซ์ (X-Ray tube) จะมีรูปร่างโครงสร้างแบบหลอดในแนวตั้ง (tube stand) และหลอดทำด้วยเซรามิกส์ (ceramic tube stand) หน้าต่างทางออกของรังสีเอกซ์เป็นแบบหลอดรังสีเอกซ์แบบปลายปิด (end window) เป้าโลหะ(target)ของหลอดรังสีเอ็กซ์จะทำด้วยทองแดง (Cu) มีค่าความยาวคลื่นเท่ากับ 1.54060 อังสตรอม โดยลำรังสีเอ็กซ์มีขนาด 40 ม.ม. จะผ่านตรงช่องทางออกหรือหน้าต่างซึ่งหลอดรังสีเอ็กซ์นี้จะติดอยู่กับ GÖbel mirror Radiation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



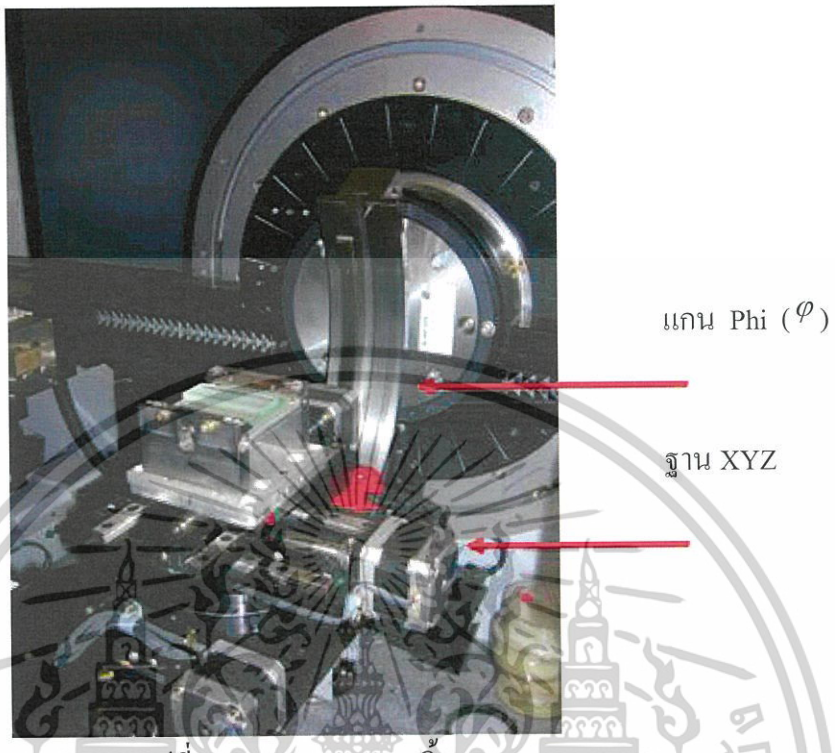
รูปที่ 2.9 หลอดรังสีเอ็กซ์

ส่วนที่ 2 ส่วนการเลี้ยวเบน (diffraction) คือ หมายเลข 2-5 : ดิฟเฟรกโตรมิเตอร์ (diffractometer)

รังสีเอ็กซ์จากสารตัวอย่างจะไปตกกระทบที่ผลึก (crystal)แล้วเลี้ยวเบน (diffraction) ออกจากผลึก (crystal) ของสารตัวอย่างโดยมีความยาวคลื่นเท่ากับรังสีเอ็กซ์ที่ตกกระทบ รังสีเลี้ยวเบนไปตกกระทบยังหัววัดรังสี (Detector) หัววัดรังสีจะทำหน้าที่สแกนไปรับความยาวคลื่นตำแหน่งมุมต่างๆ โดยที่หัววัดรังสีจะดูดกลืนโฟตอนรังสีเอ็กซ์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณพัลส์ของกระแสไฟฟ้า (Electric current) ที่พรีแอมปลิไฟล์ (preamplifier) และแอมปลิไฟล์ (amplifier) ซึ่งมีความเข้มของรังสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างผลึก

สำหรับตัวเครื่องเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์นั้นส่วนของการเลี้ยวเบนจะประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่สแกนชิ้นงานที่ค่ามุมต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย ฐานที่วางชิ้นงาน (Sample carrier) โดยจะบอกตำแหน่งของชิ้นงานในแกน x แกน y แกน Z ด้วยและนอกจากนี้ตัวฐานวางชิ้นงานเองก็ยังสามารถหมุนไปในแนวแกน Phi (φ) และ Psi (ψ) ได้อีกด้วย

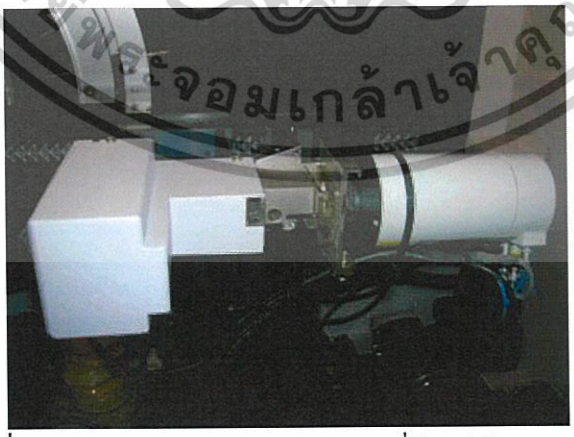
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
104932



รูปที่ 2.10 แสดงฐานวางชิ้นงาน

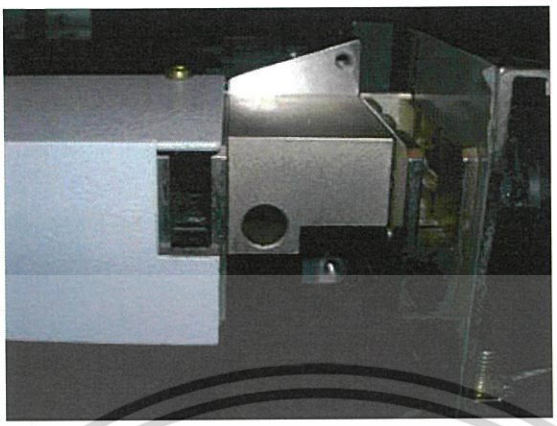
Detector slit system

เป็นอุปกรณ์ในการรับลำแสงที่ทำการเลี้ยวเบนผ่านชิ้นงานมาแล้ว โดยจะติดตั้งอยู่ที่ส่วนหน้าของ Detector และจะมีช่องไว้ใส่ slit อยู่ 2 ช่อง ไว้สำหรับกำหนดลำแสงที่จะผ่านตัว Detector ซึ่งอุปกรณ์ตัวนี้จะสแกนไปรับความยาวคลื่นที่มุมต่างๆ



รูปที่ 2.11 แสดง Detector slit system ที่ติดอยู่กับ Detector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงช่องใส่ slit ของ Detector slit system

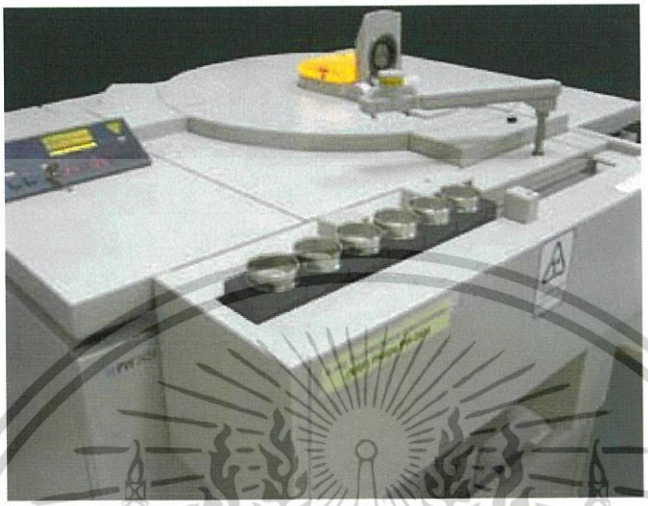
ส่วนที่ 3 ส่วนการตรวจวัด (Detector) คือ หมายเลข 6

ส่วนการตรวจจับนี้จะทำหน้าที่ในการตรวจวัดลำรังสีเอ็กซ์ที่เลี้ยวเบนมาจากสารตัวอย่างสลิต (slit system) ดีเทคเตอร์ที่ใช้นี้จะเป็นแบบ ซิลทิลเลชัน ดีเทคเตอร์ (Scintillation counter)

รูปที่ 2.13 Detector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 XRF (X-Ray Fluorescence : เครื่องวิเคราะห์ธาตุระบบการเรืองรังสีเอ็กซ์)



รูปที่ 2.14 เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ระบบแจกแจงความยาวคลื่น

หลักการของ Wavelength-Dispersive X-Ray Fluorescence (WD-XRF)

หลอดรังสีเอ็กซ์ของเครื่องชนิดนี้ทำด้วยเซรามิกส์แบบปลายปิด (end window) โดยจะมีความต่างศักย์ที่ขั้วแอโนดสูงสุดเท่ากับ 60 kV เป้าโลหะของหลอดรังสีเอ็กซ์จะทำด้วยโรเดียม (Rh) ซึ่งหลอดโรเดียมสามารถให้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดได้ 60 kV กระแสสูงสุด 125 mA และกำลังสูงสุด 3 kW

เมื่อรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ถูกส่งไปยังสารตัวอย่างจะทำให้เกิดอันตรกิริยากับธาตุต่างๆในสารตัวอย่างแล้วเกิดเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ขึ้นและผ่านคอลลิเมเตอร์ซึ่งจะจำทำให้รังสีฟลูออเรสเซนซ์ที่ออกมาจากตัวอย่างผ่านไปเป็นลำแสงขนานโดยจะมีการเลือกใช้คอลลิเมเตอร์ในขนาดต่างๆกันตั้งแต่ 100 μm – 700 μm

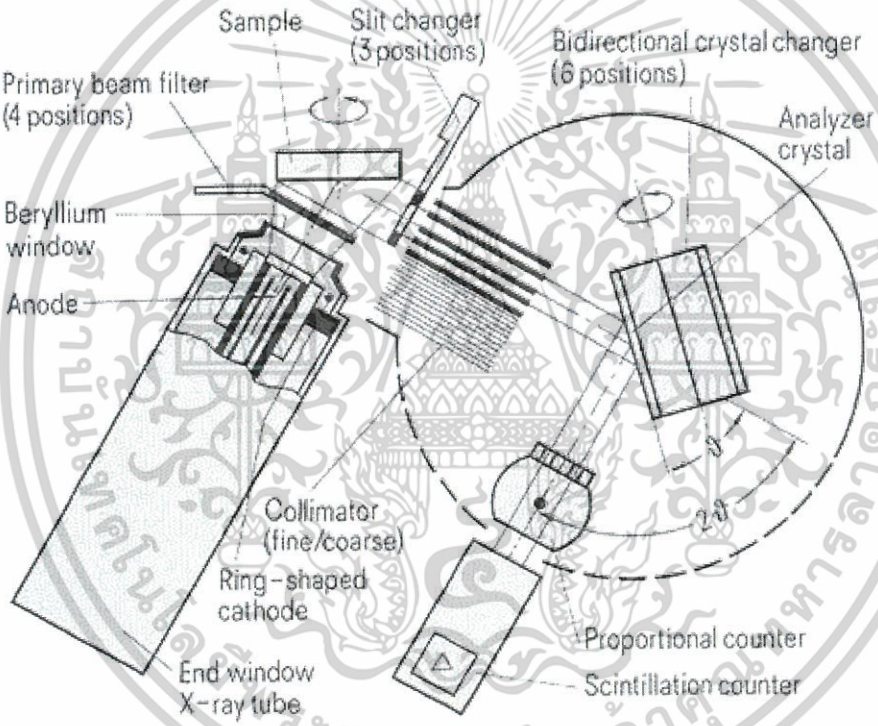
และเมื่อรังสีดังกล่าวผ่านคอลลิเมเตอร์แล้วจะไปตกกระทบกับผลึกที่ถูกเลือกมาใช้กับธาตุแต่ละชนิดตามความเหมาะสมเพื่อใช้แยกความยาวคลื่นของฟลูออเรสเซนซ์จากตัวอย่างและการส่งผ่านลำแสงโดยคอลลิเมเตอร์ซึ่งตัวอย่างผลึกที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ

- PX1 เป็นผลึกที่สังเคราะห์ขึ้นแบบมัลติเลเยอร์ (synthetic multilayer) , $2d \approx 5$ nm จะถูกใช้สำหรับธาตุที่อยู่ในช่วง O-Mg
- PE $2d = 0.8742$ nm ความยาวคลื่นเดี่ยวนี้จะถูกใช้สำหรับธาตุที่อยู่ในช่วง Al-Cl ซึ่งเหมาะกับการวิเคราะห์ที่ทำเป็นประจำ
- LiF200 $2d = 0.4027$ nm เหมาะกับการวิเคราะห์เป็นประจำและใช้สำหรับธาตุที่อยู่ในช่วง K-U

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- LiF220 2d = 0.2848 nm เหมาะกับการวิเคราะห์ที่ต้องการความละเอียดสูงและใช้สำหรับธาตุที่อยู่ในช่วง V-U

เมื่อรังสีฟลูออเรสเซนซ์ถูกกระจายหรือแยกออกไปให้เป็นความยาวคลื่นค่าต่างๆแล้ว รังสีจะถูกวัดความยาวคลื่นด้วยการสแกนของดีเทคเตอร์ สัญญาณที่วัดได้จะถูกส่งไปยังเครื่องเก็บข้อมูลแล้วถ่ายทอดออกมาเป็นสเปกตรัมด้วย printer หรือ recorder จากข้อมูลที่เก็บได้ทั้งของสารมาตรฐานและสารตัวอย่าง ซึ่งสามารถนำ ไปใช้วิเคราะห์เชิงคุณภาพ และปริมาณได้



รูปที่ 2.15 องค์ประกอบของเครื่อง XRFS ชนิด Wavelength Dispersive System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 เครื่องวัดความชื้น MOISTURE BALANCE (Model EB-340 MOC / SHIMADZU)

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาวิธีการวัดความชื้นได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเป็นอย่างมาก ซึ่งผลการวัดสามารถแสดงออกมาได้เป็นปริมาณความชื้น (Moisture content) การวัดความชื้นสามารถแบ่งได้ 4 วิธีคือ

1. **Thermogravimetric method :** วิธีนี้เป็นการวัดโดยใช้การชั่งน้ำหนักแห้งจากการให้ความร้อนกับตัวอย่างเปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่างที่นำมาวัด
2. **Chemical method :** วิธีนี้เป็นการวัดความชื้นโดยการไทเทรตแบบ Karl Fischer ซึ่งเป็นวิธีที่มีพื้นฐานบนการออกซิเดชั่นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยไอโอดีนในสารละลายเมทาโนลิไฮดรอกไซด์
3. **Spectroscopic method** : วิธีนี้เป็นการวัดความชื้นแบบทางอ้อม โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วง NIR (near infrared) ที่ช่วงความยาวคลื่น 800 ถึง 2500 นาโนเมตร
4. **วิธีอื่นๆ** เช่น การวัดความหนาแน่น วัดการหักเหแสง วัดการนำไฟฟ้า และ Gas Chromatography ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงวิธี Thermogravimetric method เพียงวิธีเดียวเท่านั้น

Thermogravimetric methods

หลักการ : การวัดความชื้นโดยวิธี Thermogravimetric เป็นการวัดความชื้นโดยการชั่งน้ำหนักแห้งจากการให้ความร้อนกับตัวอย่าง เปรียบเทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นก่อนการทำแห้ง ส่วนต่างของมวลที่เกิดขึ้นคือปริมาณความชื้นในตัวอย่าง

การทำแห้งตัวอย่างจะจบลงที่สภาวะสมดุล หรือสภาวะที่ความดันไอของตัวอย่างเท่ากันกับความดันไอของสิ่งแวดล้อม แต่ที่สภาวะนี้อาจจะมีความชื้นหลงเหลืออยู่เล็กน้อย จึงอาจลดความดันในการทำแห้งให้ต่ำกว่าความดันไอของสิ่งแวดล้อมลง เพราะจะสามารถทำให้เกิดสภาวะแห้งอย่างสมบูรณ์ได้

ข้อกำหนด_: การวัดโดยวิธีนี้ อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ทำแห้งถือเป็นสิ่งสำคัญที่สุดเพราะค่าเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดผลการวัด ส่วนความดันบรรยากาศและความชื้นในอากาศเป็นสิ่งที่สำคัญรองลงมา แต่อย่างไรก็ตาม ค่าเหล่านี้จะต้องระบุลงในรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ด้วย

ความสำคัญ : การวัดโดยวิธี Thermogravimetric เป็นวิธีการวัดความชื้นแบบดั้งเดิม และถูกใช้เป็นวิธีอ้างอิง ดังนั้น จึงมีบ่อยครั้งที่กฎหมายจะกำหนดการวัดความชื้นในอาหารด้วยวิธีนี้

ข้อจำกัด : การวัดโดยวิธี Thermogravimetric นี้ ความชื้นจะถูกแยกออกมาทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถระบุได้ว่าความชื้นที่ระเหยออกมานั้นว่าเป็นน้ำหรือเป็นสารชนิดอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.16 Moisture Analyzer

การทำแห้งโดยวิธี Thermogravimetric ที่ใช้รังสีอินฟราเรด

วิธีการนี้ใช้การแผ่รังสีอินฟราเรด (Infrared drying) ลงบนตัวอย่างโดยตรงแทนการหมุนเวียนของอากาศร้อน รังสีอินฟราเรดจะถูกดูดซับโดยตัวอย่าง ซึ่งเป็นผลให้ตัวอย่างเกิดความร้อนขึ้น

รังสีอินฟราเรด หรือ IR ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในนามรังสีแผ่ความร้อน (thermal radiation) เป็นส่วนหนึ่งของ electromagnetic spectrum โดยช่วงคลื่นของ IR นั้น อยู่ต่ำกว่าแสงสีแดง (มีความยาวคลื่นมากกว่าแสงสีแดง) จึงมักจะเรียกกันว่า IR spectrum เมื่อแผ่รังสี IR ลงบนตัวอย่าง จะถูกดูดซับและเปลี่ยนเป็นความร้อน การดูดซับรังสี IR จะเริ่มจากอนุภาคขนาดเล็กบนผิวของตัวอย่าง จากนั้นจึงถ่ายเทความร้อนจากการดูดกลืนสู่ผิวชั้นภายในต่อไป ซึ่งความเร็วในการดูดซับรังสีขึ้นอยู่กับความจุความร้อนของตัวอย่างแต่ละชนิด และความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่าง ดังนั้น ตัวอย่างแต่ละชนิดจึงอาจจะใช้อุณหภูมิในการทำแห้งแตกต่างกัน

คุณสมบัติของผิวและสีของตัวอย่างมีผลต่อดูดกลืนรังสี IR เช่นกัน โดยตัวอย่างที่มีผิวเรียบและสะท้อนแสงได้ จะสะท้อนรังสี IR ออกมามากกว่าที่จะดูดซับเอาไว้ ทำให้การทำแห้งช้ากว่าตัวอย่างที่มีผิวขรุขระและไม่สะท้อนแสง

ข้อดีของวิธีการทำแห้งด้วยรังสี IR คือใช้เวลาทำแห้งสั้น จึงสามารถวัดผลได้หลังจากชั่งในเวลาไม่กี่นาที ปัจจุบันมีการนำส่วนอบแห้งโดยรังสีอินฟราเรดมาผสมรวมกับเครื่องชั่ง ทำให้เครื่องมือมีโครงสร้างที่กระชับและทนทาน ส่วนข้อเสียคือนอกจากน้ำแล้วสารอื่นในตัวอย่างก็สามารถกลายเป็นไอได้ และตัวอย่างอาจเสียสภาพจากความร้อน

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการทำแห้งโดย ฮาโลเจน (Halogen drying) วิธีใหม่นี้มีแหล่งกำเนิดแสงเป็นหลอดฮาโลเจนซึ่งสามารถให้กำเนิดรังสีอินฟราเรดได้ดีและทำแห้งได้อย่างรวดเร็ว เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ซึ่งข้อมูลของเทคโนโลยีนี้จะได้กล่าวถึงอีกครั้งในหัวข้อเทคโนโลยีของเครื่องวัดความชื้นในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 REACTIVITY

ใช้วัดปฏิกิริยาความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำกับปูนขาวโดยกำหนดอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้นและความเร็วรอบของใบพัดให้ยึดจากมาตรฐาน ดังนี้

1. วิเคราะห์ใช้ ความเร็วรอบของใบพัด 300 + 50 rpm

Temp. ของน้ำเริ่มต้น 20 + 0.5°C

รูปที่ 2.17 REACTIVITY

2.5.5 เครื่องวัดขนาดอนุภาค

รูปที่ 2.18 เครื่องวัดขนาดอนุภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดขนาดอนุภาค Mastersizer เป็นการวัดขนาดอนุภาคโดยใช้หลัก Laser Diffraction ซึ่งมีข้อดีกว่าระบบอื่นๆ คือ สามารถวัดขนาดอนุภาค ได้ในช่วงกว้างตั้งแต่ 0.05 - 3500 Micron โดยใช้เวลาในการวิเคราะห์ประมาณ 30 วินาที และใช้ตัวอย่างในปริมาณน้อยมาก และหลักการทำงานคือใช้แสงเลเซอร์ จากหลอด He-Ne ที่มีความยาวคลื่นประมาณ 0.633 Micron โดยมีระบบโฟกัสแสงเพื่อให้ตกลงที่ Photosensitive Silicon Detector ที่ประกอบด้วยส่วนต่างๆ หลายส่วน โดยแต่ละส่วนจะรับสัญญาณที่ได้จากแสงที่ตกกระทบเมื่อใส่ตัวอย่างผ่านสำแสงจะทำให้อนุภาคในตัวอย่างกระทบกับแสงและทำให้แสงเกิดการกระเจิงไปกระทบ Detector ซึ่งจะมีการวัดสัญญาณที่เกิดขึ้นและส่งไปประมวลผลที่คอมพิวเตอร์

ลักษณะตัวอย่างที่ต้องการ ขนาด 0.1-900 Micron ได้ทั้งของแข็งและของเหลว

ปริมาณตัวอย่างที่ต้องการ 10 g

เวลาที่ใช้ทดสอบจริง 10 นาที

ในโครงการพิเศษนี้เครื่องวัดขนาดอนุภาคได้นำมาใช้ในการวัดขนาดอนุภาคฝุ่นที่กระจายอยู่ในบริเวณรอบๆจุดสำรวจ

2.5.6 การแก้ปัญหามลสารในอากาศ

ปัญหาที่ได้จากการผลิตนั้นโรงงานได้ติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นเพื่อลดการเกิดมลภาวะทางอากาศภายใน และระบบกำจัดฝุ่นภายในโรงงานก็คือ ไซโคลนดักฝุ่น และสครับเบอร์แบบเปียก

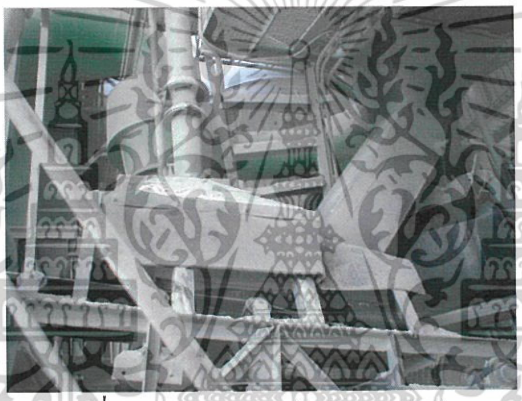
2.5.6.1ไซโคลนดักฝุ่น (Cyclone Dust Collector)

รูปที่ 2.19 แสดงระบบระบายอากาศเฉพาะจุดอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยส่วนประกอบหลักของระบบระบายอากาศแบบนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 5ส่วน ได้แก่ หัวดูด (Hood) ระบบท่อ (Duct System) เครื่องแยกสารปนเปื้อนหรือเครื่องทำความสะอาดอากาศ (Air Cleaner) พัดลม (Fan) และปล่องระบายอากาศ (Exhaust Stack)

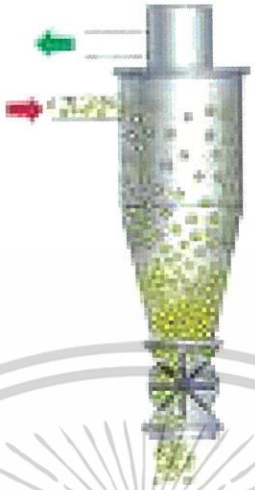
หัวดูดถือว่าเป็นหัวใจของระบบระบายอากาศเฉพาะจุด โดยหน้าที่ของหัวดูด คือ ดึงสารปนเปื้อนเกิดขึ้นที่แหล่งกำเนิดให้เข้าสู่ระบบท่อในทิศทางมุ่งหน้าเข้าสู่หัวดูด ส่วนระบบท่อจะเป็นช่องทางในการลำเลียงอากาศปนเปื้อนไปยังเครื่องแยกสารปนเปื้อน โดยจะมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น เครื่องดักฝุ่นแบบผ้ากรอง (Fabric Dust Collector) หรือไซโคลนดักฝุ่น (Cyclone Dust Collector) เป็นต้น



รูปที่ 2.20 หัวดูดจากไซโคลนดักฝุ่น

สารปนเปื้อนจะถูกแยกออกจากอากาศภายในอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ หลังจากนั้นอากาศที่ปราศจากสารปนเปื้อนจะไหลออกสู่บรรยากาศ โดยผ่านพัดลมและปล่องระบายสารปนเปื้อนที่ถูกแยกออกจากอากาศอาจถูกนำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตในกรณีที่สารปนเปื้อน ดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของผลิต-ภัณฑ์ (เช่น ปูนซีเมนต์ หรือถ่านหิน) การไหลของอากาศและสารปนเปื้อนในระบบท่อเกิดขึ้นจากการทำงานของพัดลม โดยพัดลมต้องลำเลียงอากาศให้ได้ในอัตราที่ต้องการซึ่งต้องมากพอที่สามารถเอาชนะความต้านทานที่เกิดขึ้นในระบบสำหรับการแพร่กระจายของสารปนเปื้อนที่มีความเข้มข้นต่ำ ไม่มีความเป็นพิษหรือไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม (เช่นควันจากการทำอาหาร) ลักษณะเช่นนี้อาจไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องแยกสารปนเปื้อน โดยสามารถปล่อยอากาศปนเปื้อนที่ดึงเข้าสู่ระบบระบายอากาศเฉพาะจุดออกสู่สิ่งแวดล้อมได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 ลักษณะการเข้าออกของอากาศจากไซโคลนดักฝุ่น

อย่างไรก็ตามอากาศปนเปื้อนที่ระบายออกมาต้องไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคนงานหรือชุมชนใกล้เคียงกล่าวโดยสรุปแล้ว ระบบระบายอากาศแบบเจือจางจะลดความ เข้มข้นของสารปนเปื้อนในบริเวณทำงานด้วยอากาศบริสุทธิ์ที่นำมาจากภายนอกซึ่งสารปนเปื้อนไม่ได้ถูกกำจัดหรือนำออกจากอากาศ กล่าวคือปริมาณรวมของสารปนเปื้อนยังคงเท่าเดิมแต่ความเข้มข้นลดลงเท่านั้น ในขณะที่ระบบระบายอากาศเฉพาะจุดจะดึงสารปนเปื้อนให้เข้าสู่หัวดูดซึ่งติดตั้งในบริเวณใกล้กับแหล่งกำเนิดก่อนที่จะหลุดออกสู่บรรยากาศ ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ระบบระบายอากาศเฉพาะจุดถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมการแพร่กระจายของสารปนเปื้อนอย่างแพร่หลาย

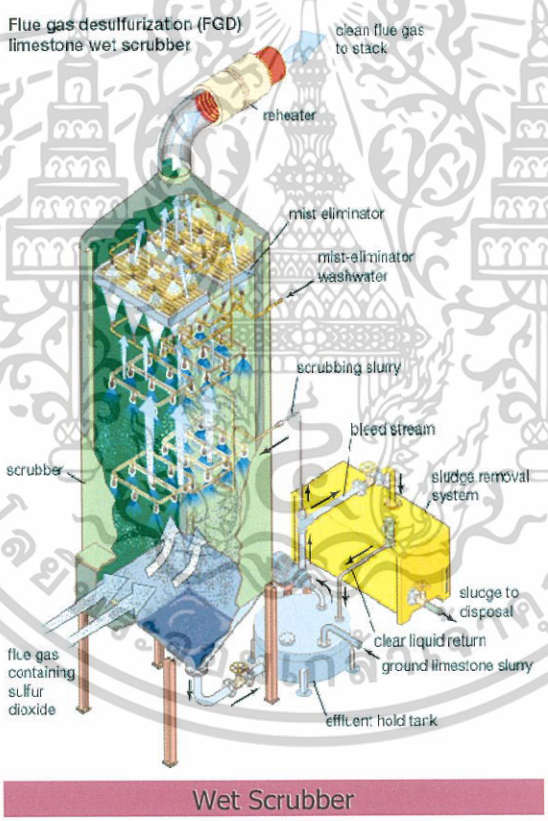
รูปที่ 2.22 ไซโคลนดักฝุ่น (Cyclone Dust Collector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6.2 สครับเบอร์แบบเปียก (wet scrubber)

Wet Scrubber เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ของเหลวหรือน้ำในการดักจับฝุ่น กลิ่น หรือแก๊ส ที่มีอนุภาคขนาดเล็กมากๆ หรือ น้อยกว่า 1 ไมคอน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการดักจับนั้นจะทำให้ของเหลวรวมตัวกับฝุ่นส่งผลให้ฝุ่นมีขนาดใหญ่ขึ้นและแยกตัวจากอากาศ โดยฝุ่นที่แยกตัวออกมาจะมีลักษณะคล้ายโคลน(sludge) ในกรณีที่เป็นฝุ่นละเอียด ของเหลวที่ใช้จะต้องมีลักษณะเป็นหยดเล็กๆหรือเป็นฝอยละอองและต้องไหลและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

ด้วนเหตุนี้ฝุ่นที่ถูกดักได้จะมีลักษณะเปียกคล้ายโคลนหากปล่อยลงสู่แวดล้อมอาจทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีการบำบัดหรือแยกฝุ่นออกจากของเหลวก่อนซึ่งสามารถทำได้โดยจัดให้มีการตกตะกอนของฝุ่นภายในถังหลังจากนั้นจึงนำตะกอนดังกล่าวไปทิ้ง



รูปที่ 2.23 การทำงานของสครับเบอร์แบบเปียก (wet scrubber)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

หลักการทำงานมี 3 กระบวนการด้วยกันคือ

1. กระบวนการเพิ่มความชื้นให้อากาศ ทำโดยการพ่นของเหลวเข้ามาในกระแสการไหลของอากาศซึ่งมีมีฝุ่นไหลปะปนมาด้วย กระบวนการนี้จะช่วยให้อุณหภูมิของอากาศมีค่าลดลงอันเป็นผลอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศที่ไหลออกจากเครื่องดักฝุ่นมีค่าลดลงด้วย สิ่งนี้จะช่วยลดพลังงานที่ต้องป้อนให้แก่ใบพัดลมที่ใช้ในระบบหรือทำให้สามารถใช้พัดลมที่มีขนาดเล็กลงได้
2. กระบวนการสัมผัสกันระหว่างอากาศ(รวมถึงฝุ่นด้วย) และของเหลวถือว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุด ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการแยกฝุ่นไหลปะปนมา หากเวลาที่อากาศและของเหลวสัมผัสกันมีมาก ประสิทธิภาพการแยกฝุ่นก็จะมีมาก เมื่ออากาศและของเหลวสัมผัสกันจะรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้น(มีลักษณะเป็นหยดของเหลว) ก็จะตกลงสู่ด้านล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนของเหลวที่มีขนาดเล็กจะถูกอากาศพัดพาขึ้นสู่ด้านบน
3. กระบวนการแยกของเหลวออกจากอากาศเป็นกระบวนการสุดท้ายของการดักฝุ่น กระบวนการนี้จะช่วยไม่ให้หยดของเหลวขนาดเล็กถูกอากาศพัดพาหรือหอบออกสู่บรรยากาศซึ่งถือว่าเป็นการสิ้นเปลืองของเหลวที่ใช้และยังก่อให้เกิดความรำคาญแก่ชุมชน การแยกของเหลวและอากาศออกจากกันสามารถทำได้โดยอุปกรณ์แยกของเหลว (mist eliminator) ซึ่งทำงานโดยให้ของเหลวเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลอย่างฉับพลัน

รูปที่ 2.24 สครับเบอร์แบบเปียก (wet scrubber)ภายในโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

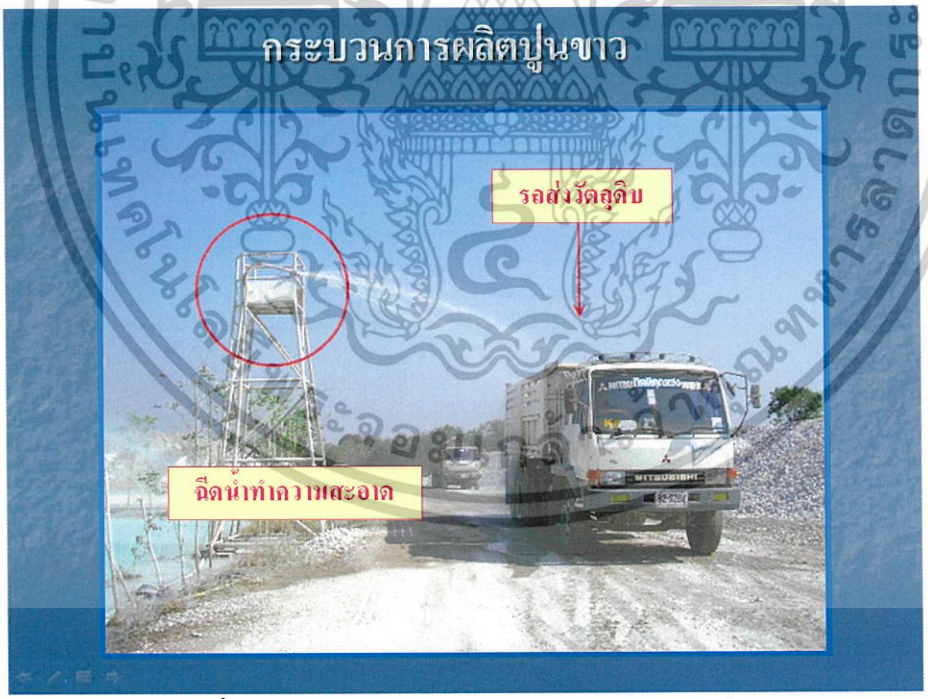
3.1 ขั้นตอนการเตรียมปูนขาวสำหรับอุตสาหกรรมเหล็กกล้า

รูปที่ 3.1 เหมืองปูนขาว

รูปที่ 3.2 การขนส่งวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 การตรวจคุณภาพของวัตถุดิบ



รูปที่ 3.4 การทำความสะอาดวัตถุดิบก่อนการจัดเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 การจัดเก็บวัตถุดิบ

รูปที่ 3.6 การนำวัตถุดิบเข้าขั้นตอนการกัดล้างหินปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 การตักวัตถุดิบเข้า Hopper

รูปที่ 3.8 หินปูนขึ้นไปเก็บใน Silo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 กระบวนการการผลิตปูนขาว

รูปที่ 3.10 หินปูนที่ถูกคัดทิ้ง

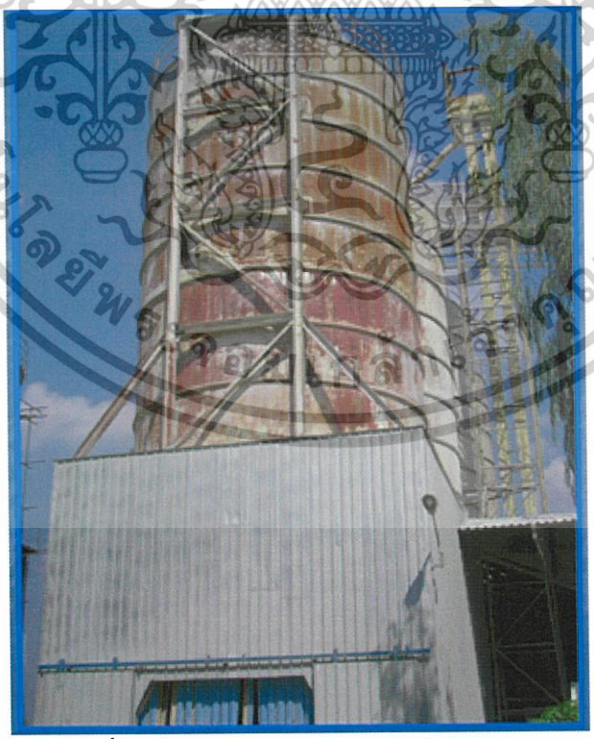
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.11 กระบวนการการผลิตปูนขาว

รูปที่ 3.12 กระบวนการการผลิตปูนขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 กระบวนการการผลิตปูนขาว



รูปที่ 3.14 กระบวนการการจัดเก็บปูนขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 การประยุกต์ใช้

3.2 ขั้นตอนการทดสอบการวัดและวิเคราะห์การผลิตแร่ปูนขาว

เครื่องมือทดสอบการวัดและวิเคราะห์การผลิตแร่ปูนขาวสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กจะแบ่งผลการทดสอบออกเป็น 2 ตอนด้วยกันคือ

ตอนที่ 1 การวัดและวิเคราะห์การผลิตแร่ปูนขาว

ตอนที่ 2 การวัดและวิเคราะห์มลสารที่ตกค้างต่อสิ่งแวดล้อม

โดยมีรายละเอียดของผลการวัดและวิเคราะห์ดังนี้

ตอนที่ 1 การวัดและวิเคราะห์การผลิตแร่ปูนขาว

เครื่องมือที่ใช้

1. XRD (X-ray Diffractometer : เครื่องวัดการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์)
2. XRF (X-ray Fluoresเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ สเปกโตรมิเตอร์)
3. เครื่องวัดความชื้น MOISTURE BALANCE (Model EB-340 MOC / SHIMADZU)
4. REACTIVITY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

จากการลองได้ทำการทดสอบ 2 วิธีด้วยกัน คือ การทดสอบเชิงเคมีและการทดสอบกับเครื่องมือวัด โดยจะให้รายละเอียดดังต่อไปนี้

การทดสอบกับเครื่องมือวัด

1 การหาค่าเปอร์เซนต์ของ Cao,CO_2 และค่า Impurity

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. XRD (X-ray Diffractometer : เครื่องวัดการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์)
2. XRF (X-Ray Fluorescence : เครื่องวิเคราะห์ธาตุระบบการเรืองรังสีเอ็กซ์)

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 XRD (X-ray Diffractometer : เครื่องวัดการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์)

1. นำสารตัวอย่างคือ แคลเซียมคาร์บอเนต(Calcium Carbonate) บดให้ละเอียดและเทบนภาชนะเตรียมตัวอย่าง
2. นำสารตัวอย่างที่เตรียมได้วางลงบนตำแหน่งวางตัวอย่างของระบบ XRD และทำการกำหนดค่าต่างๆของระบบ ดังต่อไปนี้

แรงดันไฟฟ้าสูง(HV)	=	40	กิโลโวลต์
กระแสไฟฟ้า (mA)	=	40	มิลลิแอมป์
มุมที่ใช้ในการวัด	=	20-85	องศา
การตั้งสเตปในการวัด	=	0.020	องศา
Detector	=	VÅNTEC-1	
Target	=	Cu	

3. ทำการวัดและวิเคราะห์ผลสารตัวอย่าง
4. คำนวณหาค่า (2 Θ) ของสารตัวอย่าง แคลเซียมคาร์บอเนต(Calcium Carbonate) ที่มากับระบบในทางทฤษฎีจากสมการ

$$d_{hlk} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + l^2 + k^2}} \qquad (4.1)$$

$$2d \sin\theta = n\lambda \qquad (4.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2 XRF (X-Ray Fluorescence : เครื่องวิเคราะห์ธาตุระบบการเรืองรังสีเอ็กซ์)

1. นำสารตัวอย่างคือ แคลเซียมคาร์บอเนต(Calcium Carbonate) บดให้ละเอียดและเทบนภาชนะเตรียมตัวอย่าง
2. นำสารตัวอย่างที่เตรียมได้วางลงบนตำแหน่งวางตัวอย่างของระบบ XRF และทำการกำหนดค่าต่างๆของระบบ ดังต่อไปนี้

Summary of resulta

Sum	=	100%
RMS	=	0.00
Used lines	=	8
Qual. Program	=	SemlQ2004

Sample preparation

Sample type	=	pressed powder
Area radiation	=	1.05
Additive/sample	=	0
Film	=	None
Normalise	=	to 100.0%
X-ray path	=	Vacuum

Quantiy parameters

Max. Flow detector intensity	=	2000keps
Max. Sealed detector intensity	=	1000keps
Max. Seint detector intensity	=	1000keps
Max. Duplex Flow detector intensity	=	3000keps
แรงดันไฟฟ้า(kV)	=	24-55kV
กระแสไฟฟ้า(mA)	=	45-100mA
Scan #	=	5-10

3. ทำการวัดและวิเคราะห์ผลสารตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 การหาค่าเปอร์เซนต์ของค่า Moisture

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. MOISTURE BALANCE (Model EB-340 MOC / SHIMADZU)
2. สารตัวอย่าง แคลเซียมคาร์บอเนต(Calcium Carbonate)

วิธีการทดลอง

1. เปิด POWER ที่เครื่องชั่ง และ POWER ที่ HEATER
2. กดปุ่ม TARE ที่ KEY BOARD หรือ ที่เครื่องชั่งจนน้ำหนักที่เครื่องชั่ง เป็นศูนย์
3. ตั้งอุณหภูมิที่ HEATER ตามที่ต้องการ
4. ตั้งเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยกดจำนวนเวลาที่ต้องการ แล้วกดปุ่ม TIMER เช่น ตั้งเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ 20 นาที กด 2 , 0 แล้ว TIMER
5. ตั้งช่วงการเปลี่ยนน้ำหนักที่ต้องการเพื่อให้เครื่องยุติการวัดโดยใส่น้ำหนักที่ต้องการแล้วกด AUTO WEIGHT เช่นต้องการตั้งไว้ที่ 5 mg กด 5 แล้ว AUTO WEIGHT
6. ตั้งช่วงเวลาที่ใช้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักในข้อ 3.5 เพื่อให้เครื่องยุติการวัด เช่น ต้องการให้เครื่องยุติการวัดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอยู่ในช่วงที่ต้องการเป็นเวลา 20 วินาที กด AUTO TIME 2 ครั้ง แล้วกด 0 , 5 และกด AUTO TIME
7. ตั้งวิธีการควบคุม HEATER ว่าจะให้เป็นแบบ AUTO NO/OFF หรือเป็นแบบ MANUAL
8. ตั้งช่วงเวลาที่ต้องการให้พิมพ์ผลออกทางเครื่องมือ(ในกรณีที่ต่อกับเครื่องพิมพ์) โดยกด AUTO TIME 3 ครั้ง แล้วกดตัวเลขตามคู่มือการใช้
9. กำหนดให้เครื่องนับเวลาการถอยหลังหรือนับขึ้นในระหว่างการวิเคราะห์โดยกดที่ COUNT UP / DOWN
10. เช็คค่าต่างๆ ที่ตั้งไว้ แล้วกด C เพื่อออกไปที่เครื่องชั่งอีกครั้ง
11. กด TARE ให้เป็นศูนย์นำสารตัวอย่างใส่ลงไปในจานวัดชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ20 กรัม กด UNIT เพื่อเช็คค่าของเวลาที่ตั้งไว้แล้วกด START
12. เมื่อการวัดสิ้นสุดลงจะเกิดเสียงร้องเตือนดังขึ้นแล้วจะพิมพ์ผลออกทางเครื่องพิมพ์โดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTE : การวัดสิ้นสุดลงเมื่อ

1. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ ภายในเวลาที่กำหนดไว้
2. หมดเวลาที่ตั้งไว้
3. มีการกดปุ่ม BREAK ที่ KEYBOARD ถ้าต้องการให้เสียงเตือนหยุดให้กดปุ่ม C ถ้าไม่ได้กดเสียงจะเงียบเองโดยอัตโนมัติเมื่อผ่านไป 15 วินาที

หมายเหตุ ถ้าต้องการดูผลในหน่วยอื่นๆ เช่น % W หรือ % D ให้กดปุ่ม UNIT

NOTE : ความชื้นที่วัดได้ จะอยู่ในรูป % W หรือ % D เมื่อ

% W คือ % ความชื้น หาได้จาก $= \frac{Wo - Wt}{Wo} * 100$

% D คือ % ของแห้งที่เหลืออยู่ หาได้จาก $= \frac{Wo - Wt}{Wt} * 100$

เมื่อ Wo คือน้ำหนักของสารก่อนให้ความร้อน

Wt คือ น้ำหนักของสารหลังให้ความร้อน

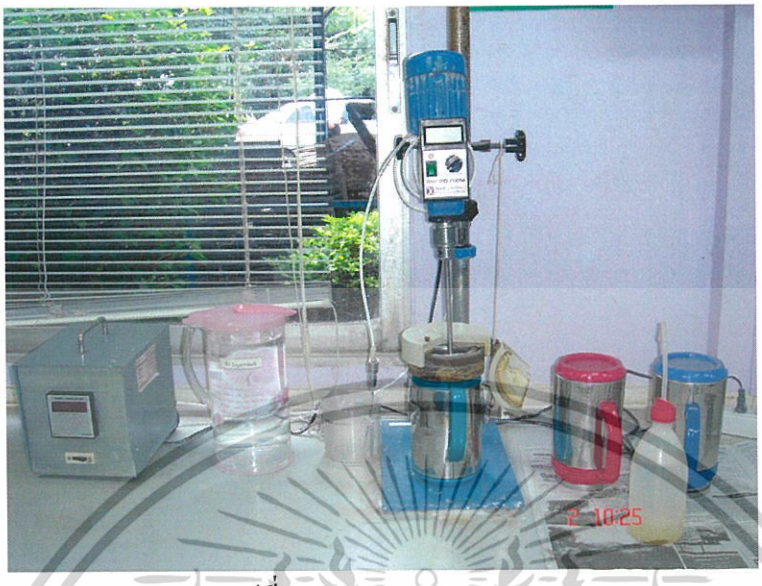
การทดสอบเชิงเคมี

1. การหาค่า REACTIVITY

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. Reactivity
2. ชุดหา Reactivity 1 set
3. น้ำกลั่น หรือน้ำ DI
4. เครื่องชั่ง 2-3 ตำแหน่ง
5. นาฬิกาจับเวลา
6. เครื่องบดละเอียด (Hammer Mill)
7. สารตัวอย่าง แคลเซียมคาร์บอเนต(Calcium Carbonate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ชุดหา Reactivity

วิธีการทดลอง

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

1. ตัวอย่างที่ผ่านการบดและผสมรวมกันแล้วนำมาผ่านตะแกรง 4 เมช (ในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดเม็ดใหญ่เกิน 10-15 มม.)ถ้าขนาดไม่เกินให้นำตัวอย่างมาชั่งประมาณ 100 กรัม เก็บใส่ภาชนะปิดฝาให้สนิท (ถ้ายังไม่ทำการทดสอบ)

ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์และทดสอบ

2. ต่ออุปกรณ์ที่จะใช้วิเคราะห์ให้ได้ตามรูป แท่งกวนใบพัดให้อยู่ห่างจากก้นกระติกประมาณ ¼ นิ้ว (ดูภาพประกอบ) ใบพัดที่ต่อเข้ากับตัว Motor จะต้องปรับ Speed ให้ได้ 300 + 50 RPM ขณะทำงาน
3. เติมน้ำกลั่นประมาณ 400 ml ลงไปในภาชนะรูปทรงกระบอก ซึ่งเป็นตัวเก็บอุณหภูมิที่ดี
4. จุ่มหัววัด Sensor ของอุณหภูมิลงไปในน้ำ ปรับอุณหภูมิของน้ำให้ได้ที่ 20 + 0.5 °C
5. เมื่อปรับอุณหภูมิได้แล้ว เปิดตัว Stirrer ให้หมุนและเทตัวอย่างที่เตรียมไว้ลงไปในภาชนะทรงกระบอกอย่างรวดเร็ว ปิดฝาเริ่มจับเวลาเมื่อเทตัวอย่างลงไป อ่านอุณหภูมิที่ได้เขียนลงตามช่วงเวลาทุกๆ 30 วินาที ลงในใบรายงาน(QC/FM/08/004) จนอุณหภูมิขึ้นสูงสุด และลดลงถือสิ้นสุดการทำปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณ

ΔT_{30} = Temp. ของน้ำเริ่มต้น – Temp. เมื่อเวลาผ่านไป 30 วินาที

ΔT_{60} = Temp. ของน้ำเริ่มต้น – Temp. เมื่อเวลาผ่านไป 60 วินาที

ΔT_{total} = Temp. ของน้ำเริ่มต้น – Temp. ที่เปลี่ยนแปลงค่าไม่เกิน 0.5 °C

T.A.S.T = Total Active Slaking Time (เวลาที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงค่าไม่เกิน 0.5 °C)

T max = Temp. ทีมีค่าสูงสุดของปฏิกิริยา

ตอนที่ 2 การวัดและวิเคราะห์มลสารที่ตกค้างต่อสิ่งแวดล้อม

ภายในโรงงานอุตสาหกรรมทุกแห่งอาจจะมีปัญหาทางสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไป เช่นทางด้านน้ำ ขยะ และอากาศ เป็นต้น และภายในโรงงานนี้ก็เช่นเดียวกัน ซึ่งปัญหาที่ได้นำมาวิเคราะห์ในตัวโครงงานพิเศษนี้ก็คือ ปัญหาทางด้านอากาศนั้นเอง

รูปที่ 3.17 สิ่งมีชีวิตที่สามารถอยู่ในโรงงานได้

ปัญหาทางด้านอากาศนั้นโดยทั่วไปแล้วทุกโรงงานต้องมีการควบคุมเพื่อให้อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐาน และสร้างความมั่นใจให้กับพนักงานที่ทำงานอยู่ในนั้นให้มีปัญหาทางด้านสุขภาพให้ได้น้อยที่สุด และโครงงานพิเศษนี้ก็ได้นำตัวอย่างมลสารในโรงงานตามแหล่งต่างมาวิเคราะห์โดยมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งที่มาของมลสาร

1. บริเวณรอบๆโรงงาน

รูปที่ 3.18 แหล่งที่มาของมลสารบริเวณรอบๆโรงงาน

2. บริเวณเครื่องดักมลสาร

รูปที่ 3.19 แหล่งที่มาของมลสารบริเวณเครื่องดักมลสาร

3. มลสารดำที่เกิดจากการเผาไหม้ของเตาเผา

ขั้นตอนการทดสอบ

นำมลสารที่ได้มาทดสอบด้วยเครื่องวัดแล้ววิเคราะห์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. XRD (X-ray Diffractometer : เครื่องวัดการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์)
2. XRF (X-Ray Fluorescence : เครื่องวิเคราะห์ธาตุโดยการเรืองรังสีเอ็กซ์)

   แล้วทำการกำหนดค่าต่างๆของระบบแบบเดียวกับหัวข้อที่ 3.3.1
3. Laser Particle Size Distribution Analyzer (เครื่องวัดอนุภาค)

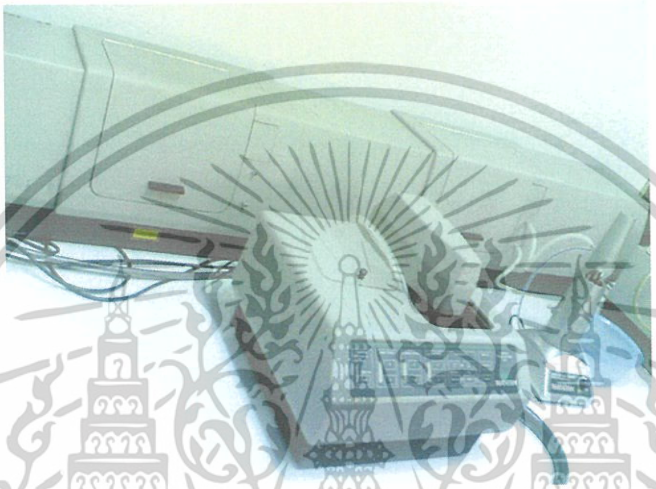
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

เครื่อง Laser Particle Size Distribution Analyzer

ยี่ห้อ Malvern

รุ่น Mastersizer X



รูปที่ 3.20 เครื่อง Laser Particle Size Distribution Analyzer

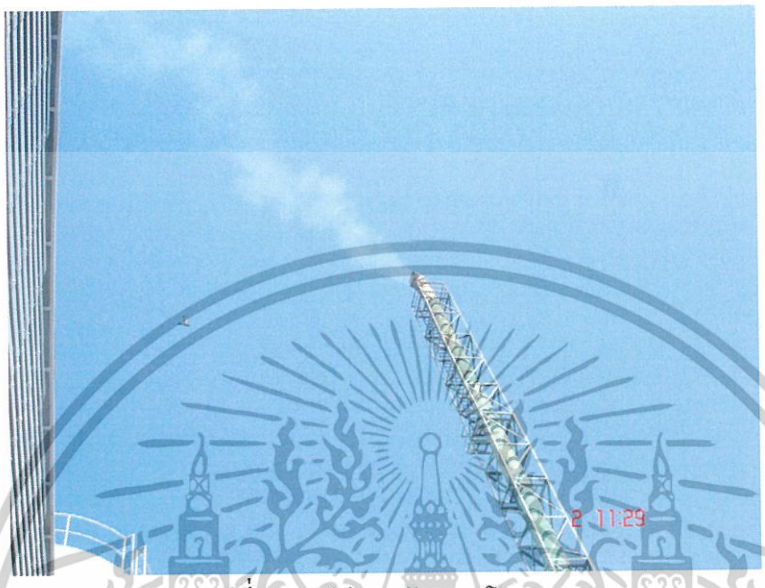
วิธีการทดลอง

1. นำสารตัวอย่าง(ปูนขาว)มาผสมกับสารเคมีที่ทำให้สารตัวอย่างมีลักษณะคอลลอยด์ (โพพานอล)
2. จากนั้นนำสารมาใส่ในเครื่องแล้วทำการกำหนดค่าต่างๆของระบบ Wet Analysis System ดังต่อไปนี้

Dispersing Medium	: Propa-2-ol
Ultrasonic	: no
Range Lens	: 300 RF mm
Beam Lens	: 2.40 mm
Analysis Model	: Polydisperse
Distribution Type	: Volume

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกับความสูง



รูปที่ 3.21 ปล่องควันของโรงงาน

จากสมการที่ 2.3 จะได้ว่า ในกรณีของบรรยากาศแบบ adiabatic มีความสำคัญเป็นพิเศษ บรรยากาศแบบนี้จะมีค่า n = 1.4 ซึ่งอาจหา lapse rate ได้ดังนี้

$$\frac{dT}{dz} = -\frac{(n-1)g}{nR} = -\frac{(1.4-1)(9.81m/s^2)}{1.4(287.1m^2/s^2 - {}^{O}K)}$$

$$= -0.0098^{O}K/m$$

$$= -1^{O}cm/100m$$

และที่โรงงานจะมีอุณหภูมิประมาณ 303°K เราอาจหาระดับของชั้นบรรยากาศได้โดย $P_2 = 0, T_2 = 0, z_1 = 0$ และ $T_1 = 303°K$ จะได้

$$z_2 = \frac{nRT_1}{(n-1)g} = \frac{1.4(287.1m^2/s^2 - {}^{O}K)(303^{O}K)}{(1.4-1)(9.81m/s^2)}$$

$$= 31036 \text{ m}$$

$$= 31 \text{ km}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากขั้นตอนและวิธีการทดสอบจากบทที่ 3 นั้นได้ทำการแยกผลวิเคราะห์ออกมาโดยการแบ่งประเภทของเครื่องมือแต่ละประเภทเครื่องมือโดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

4.1 ผลวิเคราะห์ปูนขาว

4.1.1 XRD

จากการทดสอบการวัดและวิเคราะห์โดยสารที่ใช้ คือ Calcium Oxide Lime :CaO

แรงดันไฟฟ้าสูง(HV)	=	40	กิโลโวลต์
กระแสไฟฟ้า (mA)	=	40	มิลลิแอมป์
มุมที่ใช้ในการวัด	=	20-85	องศา
การตั้งสเตปในการวัด	=	0.020	องศา
Detector	=	VÅNTEC-1	
Target	=	Cu	

1. ผลการวัดปูนขาวตัวอย่างที่1 มุมที่วัด $Ø = 90^{\circ}$ ผลแสดงดังตารางและรูปที่4.1
2. ผลการวัดปูนขาวตัวอย่างที่2 มุมที่วัด $Ø = 90^{\circ}$ ผลแสดงดังตารางและรูปที่4.2
3. ผลการวัดปูนขาวตัวอย่างที่3 มุมที่วัด $Ø = 90^{\circ}$ ผลแสดงดังตารางและรูปที่4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปูนขาวที่ 1 ด้วยเครื่อง XRD

Angle (2-Theta°)	d value (Angstrom)	Intensity (Count)	Intensity % (Percent)
20.8846	4.2501	63	3.8
25.4964	3.4908	53	3.2
28.6964	3.1084	166	10.0
32.2530	2.7733	604	36.6
34.1352	2.6245	436	26.4
37.4097	2.4020	1651	100.0
47.0938	1.9282	135	8.2
50.8655	1.7937	170	10.3
53.9172	1.6991	688	41.6
54.3718	1.6860	95	5.7
29.4513	1.5535	27	1.6
62.6507	1.4816	55	3.3
64.2306	1.4490	207	12.5
67.4496	1.3874	180	10.9
71.7918	1.3138	32	1.9
79.7388	1.2016	79	4.8

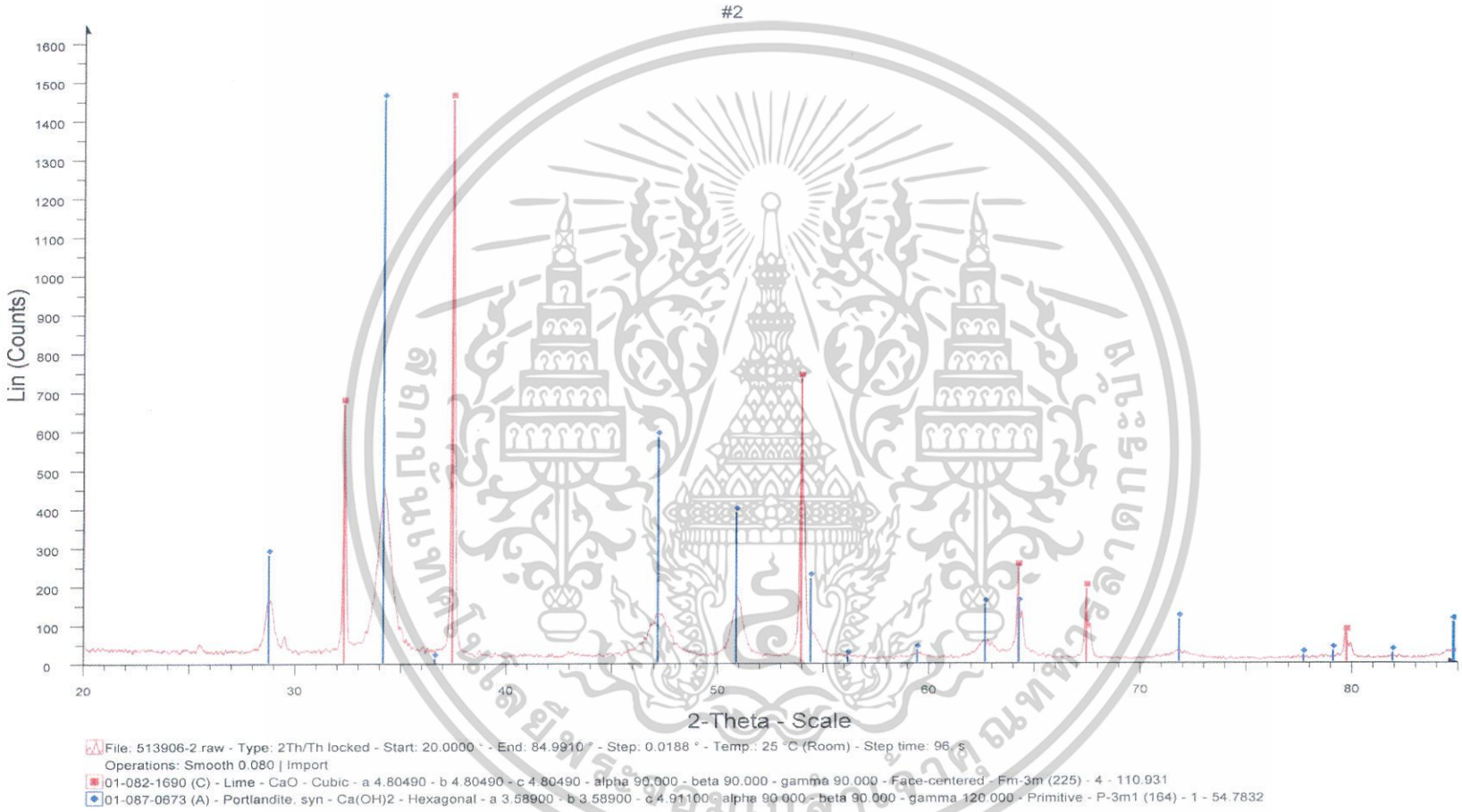
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่ 1 ด้วยเครื่อง XRD

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปูนขาวที่ 2 ด้วยเครื่อง XRD

Angle (2-Theta°)	d value (Angstrom)	Intensity (Count)	Intensity % (Percent)
25.4266	3.5002	50	3.4
28.6952	3.1085	165	11.3
29.4484	3.0307	72	5.0
32.2717	2.7717	594	40.7
34.1182	2.6258	459	31.5
37.4131	2.4018	1457	100
38.7102	2.3242	35	2.4
47.0837	1.9286	130	8.9
50.9092	1.7922	174	11.9
53.9349	1.6986	655	44.9
54.3894	1.6855	92	6.3
59.4498	1.5535	27	1.8
62.5925	1.4829	59	4.0
64.2390	1.4488	200	13.8
67.4505	1.3874	176	12.1
71.8718	1.3125	30	2.2
79.7396	1.2016	80	5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

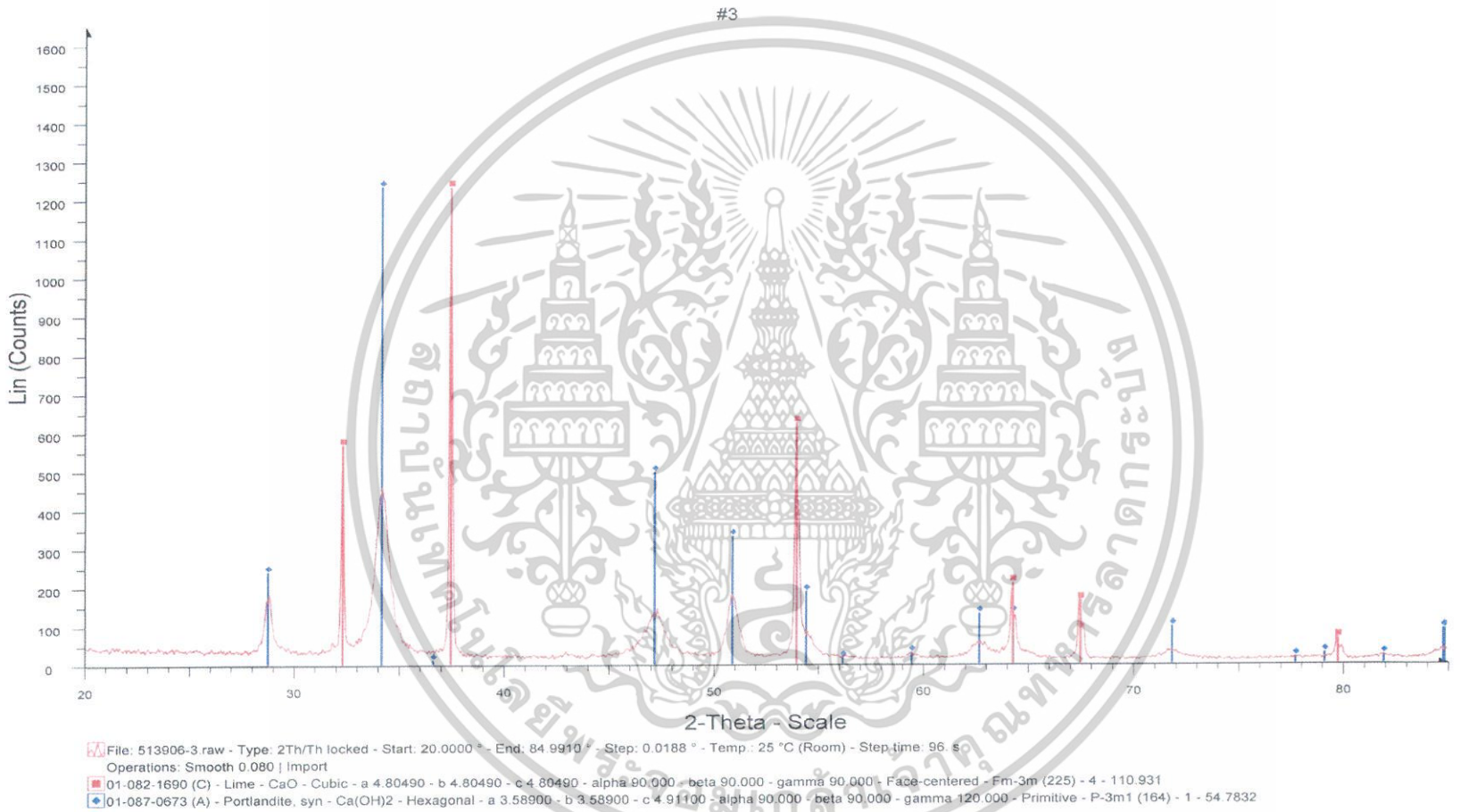


รูปที่ 4.2 กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่ 2 ด้วยเครื่อง XRD

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างปูนขาวที่ 3 ด้วยเครื่อง XRD

Angle (2-Theta°)	d value (Angstrom)	Intensity (Count)	Intensity % (Percent)
28.7718	3.1004	180	14.6
31.7685	2.8145	60	4.8
32.2357	2.7747	515	41.6
34.1273	2.6251	459	37.1
37.3918	2.4031	1238	100.0
47.2545	1.9220	144	11.7
50.8130	1.7954	181	14.6
53.9010	1.6996	621	50.2
54.4110	1.6849	85	6.9
59.4138	1.5544	31	2.5
62.7098	1.4804	56	4.5
64.2047	1.4495	193	15.6
67.4325	1.3877	174	14.0
71.7784	1.3140	33	2.7
79.7213	1.2019	76	6.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่ 3 ด้วยเครื่อง XRD

การคำนวณหาค่า (2θ)ของปูนขาวทั้ง 3 ตัวอย่างที่มากับระบบทางทฤษฎี ดังนี้

กำหนดค่าจาก Kern, A., Eysel., Mineralogisch-Petograp.Inst.univ.Heidelberg, Germany , ICDD Grant-in-Aid (1993)

Sample Standard	:	Calcium Oxide Lime (CaO)
Lattice	:	cubic
S.G.	:	Fm-3m (225)
Additional pattern	:	01-082-1690
ความยาวคลื่นของ CuK_{α}	:	1.5406 Å

ตัวอย่างการคำนวณ

เลขดัชนีมิลเลอร์ของระบบ (hkl)	:	(200)
ค่าพารามิเตอร์แลตติส	:	a = 4.80490 Å
ระห่างระหว่างระนาบผลึก	:	2.4018 Å

จากสมการหาระยะห่างระหว่างระนาบผลึก d คือ

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2+l^2+k^2}}$$

$$d_{hkl} = \frac{4.80490}{\sqrt{2^2+0+0}}$$

$$d_{hkl} = 2.4026$$

นำค่า d จากสมการ (4.1) มาคำนวณหาค่า 2θ ที่วัดได้จากหัววัดรังสีของระบบวัด การคำนวณอาศัยสมการของแบรกก์ดังนี้

$$2d\sin\theta = n\lambda \qquad \text{เมื่อ } n = 1$$

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{2d}$$

$$\theta = \sin^{-1}\left[\frac{\lambda}{2d}\right]$$

$$\theta = \sin^{-1}\left[\frac{1.5406}{2(2.4026)}\right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สารตัวอย่างปูนขาวระหว่างผลการคำนวณทางทฤษฎีกับค่าการวัดและวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 800 °C

สารตัวอย่าง	เลขดัชนีมิลเลอร์ (hkl)	ค่าคำนวณทางทฤษฎี		ค่าการวัดและวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 800 °C		ค่าเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน
		d(Å)	2θ(องศา)	d(Å)	2θ(องศา)	d(Å)
ปูนขาว 1	(111)	2.7741	32.2423	2.7733	32.2530	0.0288
	(200)	2.4025	37.4023	2.4020	37.4097	0.0208
	(220)	1.6988	53.9293	1.6991	53.9172	-0.0176
	(311)	1.4487	64.2417	1.4490	64.2306	-0.0207
	(222)	1.3871	67.4696	1.3874	67.4496	-0.0216
	(400)	1.2012	79.7720	1.2016	79.7388	-0.0333
ปูนขาว 2	(111)	2.7741	32.2423	2.7717	32.2717	-0.0148
	(200)	2.4025	37.4023	2.4018	37.4131	-0.0259
	(220)	1.6988	53.9293	1.6986	53.9349	-0.0235
	(311)	1.4487	64.2417	1.4488	64.2390	0.0000
	(222)	1.3871	67.4696	1.3874	67.4505	0.0288
	(400)	1.2012	79.7720	1.2016	78.7396	0.0333
ปูนขาว 3	(111)	2.7741	32.2423	2.7747	33.2357	0.1664
	(200)	2.4025	37.4023	2.4031	37.3918	0.0291
	(220)	1.6988	53.9293	1.6996	53.9010	0.0412
	(311)	1.4487	64.2417	1.4495	64.2047	0.0552
	(222)	1.3871	67.4696	1.3877	67.4325	0.0505
	(400)	1.2012	79.7720	1.2019	79.7213	0.0583

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 XRF และ การทดสอบเชิงเคมี

จากการทดสอบการวัดและวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Wavelength-Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer (WD-XRFS)และสารตัวอย่างที่ใช้ คือ Calcium Oxide Lime โดยจะแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 กรณีด้วยกันคือ

- การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

จะเป็นการคำนวณหาตำแหน่งของมุมพีกของแต่ละธาตุในเชิงคุณภาพจากสมการของแบรกก์

$$2d\sin\theta = n\lambda \qquad \text{เมื่อ } n = 1$$

ในการวิเคราะห์ธาตุของโครงงานพิเศษนี้ธาตุแต่ละตัวจะใช้ผลึกแตกต่างกันออกไปในการแจกแจงความยาวคลื่น และเราสามารถหาความยาวคลื่นได้จากสมการ

$$E(keV) = \frac{12.4}{\lambda(Å)}$$

โดย E (keV) คือค่าพลังงานของธาตุแต่ละชนิด

ตัวอย่างการคำนวณ

ธาตุแมกนีเซียม (Mg) จะใช้ผลึก PX1 ในการแจกแจงความยาวคลื่นซึ่งมีค่า 2d = 510 Å และระดับพลังงานชั้นK_{α_1} เท่ากับ 1.253 keV และระดับพลังงาน K_{β_1} เท่ากับ 1.302 keV

หาค่าความยาวคลื่นจาก $\lambda(Å) = \frac{12.4}{E(keV)}$

จะได้ $\lambda_{K_{\alpha_1}} = 9.8164$ Å

$\lambda_{K_{\beta_1}} = 9.5238$ Å

จากสมการของแบรกก์ $2d\sin\theta = n\lambda$ เมื่อ n = 1

$$\sin\theta = \frac{n\lambda}{2d}$$

จะได้ $\theta_{K_{\alpha_1}} = 22.363°$

$\theta_{K_{\beta_1}} = 21.519°$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณหาค่าตำแหน่งมุมพีกของแต่ละธาตุในเชิงคุณภาพจากสมการของแบรกก์

ธาตุ	ผลึกที่ใช้	2d (Angstrom)	พลังงาน (keV)		มุม 2θ สำหรับแต่ละระดับ (องศา)	
			K_α	K_β	K_α	K_β
Mg	PX1	510	1.253	1.302	22.363	21.519
Al	PE	8.74	1.49	1.56	145.13	131.17
Si	PE	8.74	1.74	1.84	109.21	101.16
S	Ge	6.53	2.31	2.46	110.69	100.77
P	Ge	6.53	2.01	2.14	141.04	125.08
K	LiF200	4.03	3.30	3.57	136.69	118.14
Ca	LiF200	4.03	3.67	3.99	113.09	100.23
V	LiF200	4.03	4.93	5.40	76.93	69.13
Fe	LiF220	2.85	6.40	7.06	85.73	76.16
Ni	LiF220	2.85	7.47	8.26	71.27	63.57
Sr	LiF220	2.85	14.14	15.83	35.85	31.91

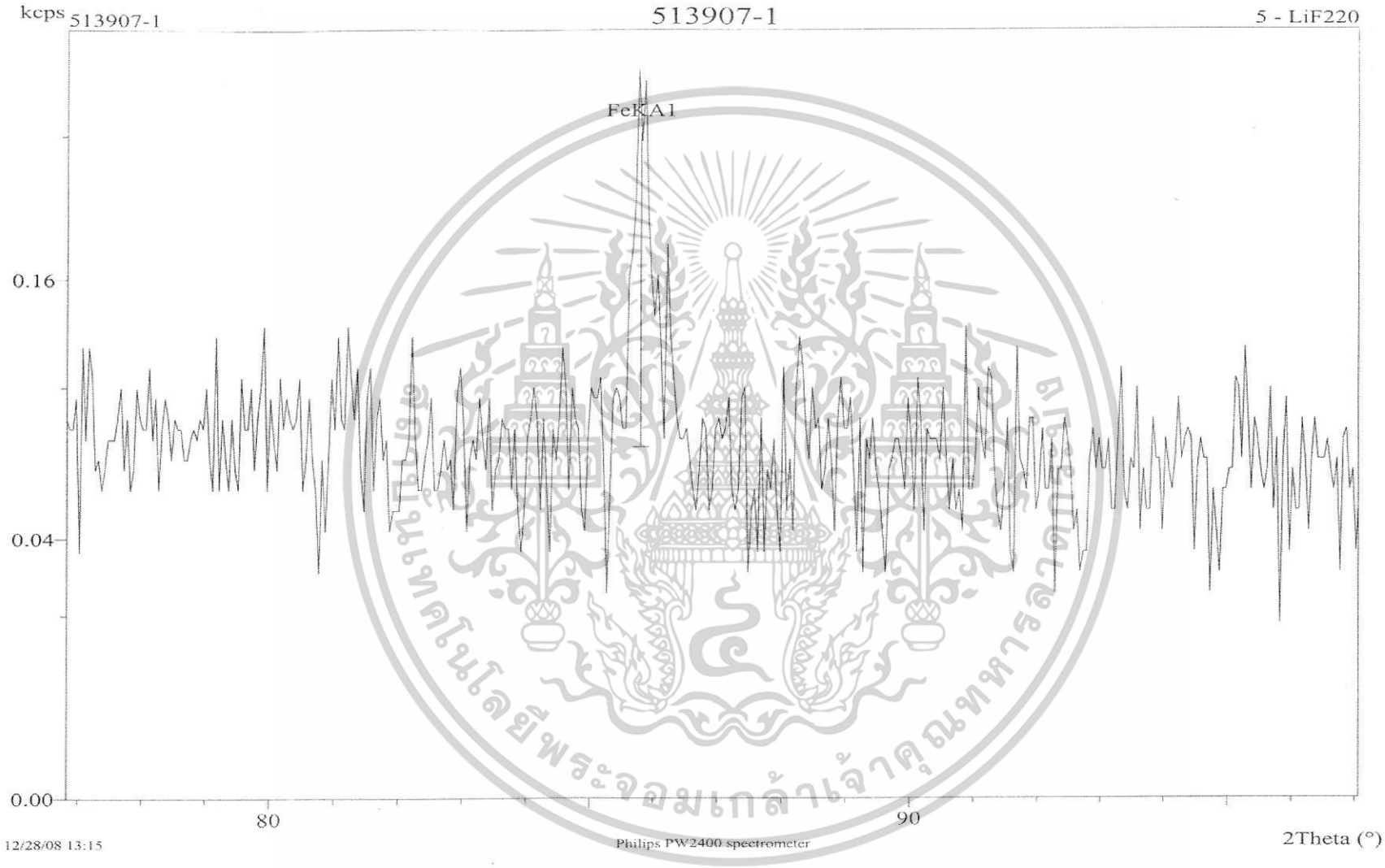
- การวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ตารางที่ 4.6 ปริมาณธาตุที่พบในการวิเคราะห์ตัวอย่างปูนขาว

ตัวอย่าง	ปริมาณธาตุ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)								
	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	CaO	Fe_2O_3	SrO	%LOI
ปูนขาว 1	0.91	0.03	0.12	0.02	0.52	95.59	0.05	0.01	2.7
ปูนขาว 2	1.06	0.05	0.18	0.012	0.63	94.72	0.09	0.01	3.2
ปูนขาว 3	1.08	0.04	0.33	0.01	0.31	95.78	0.07	<0.01	2.4

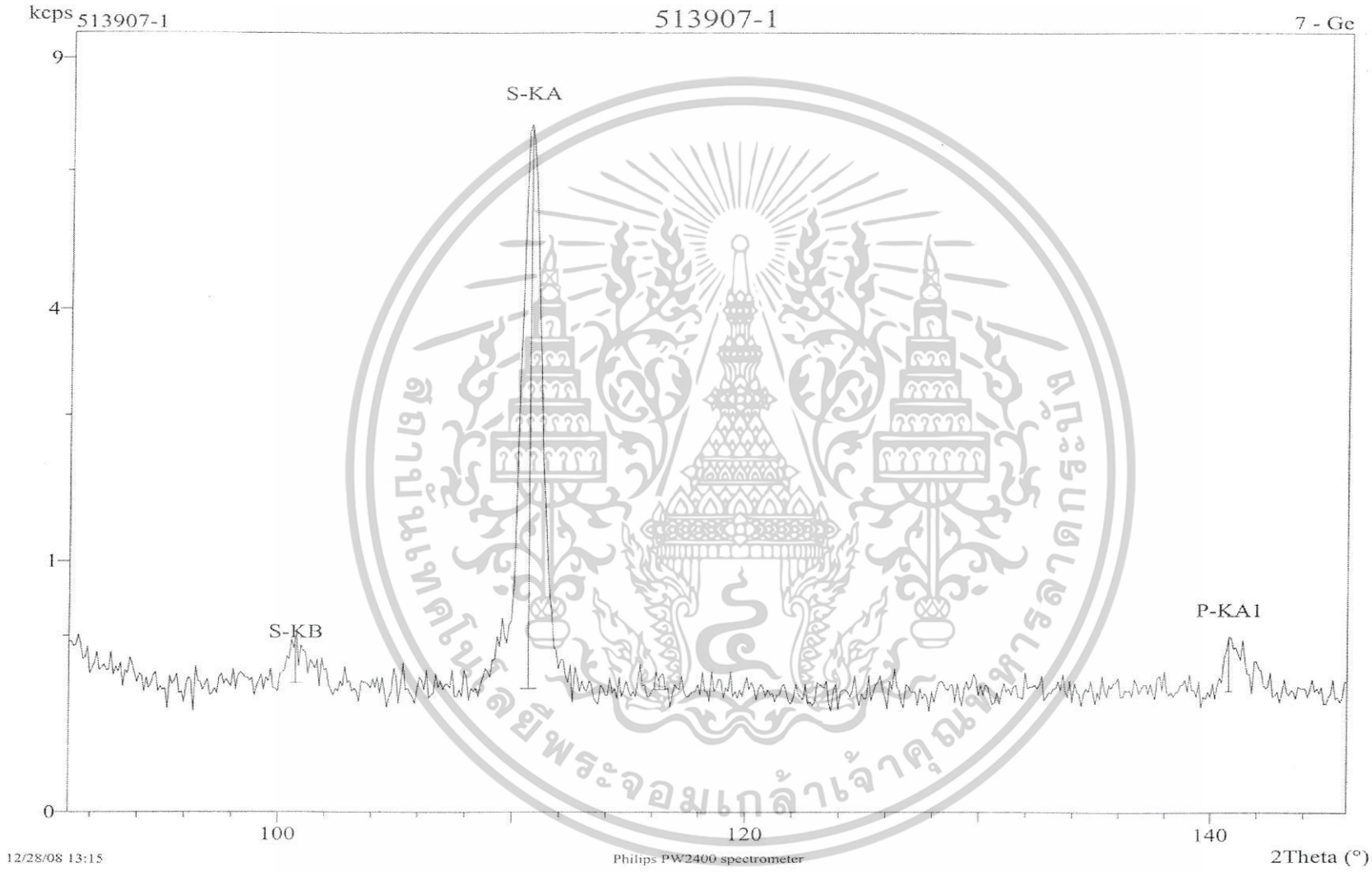
หมายเหตุ LOI = Loss on ignition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

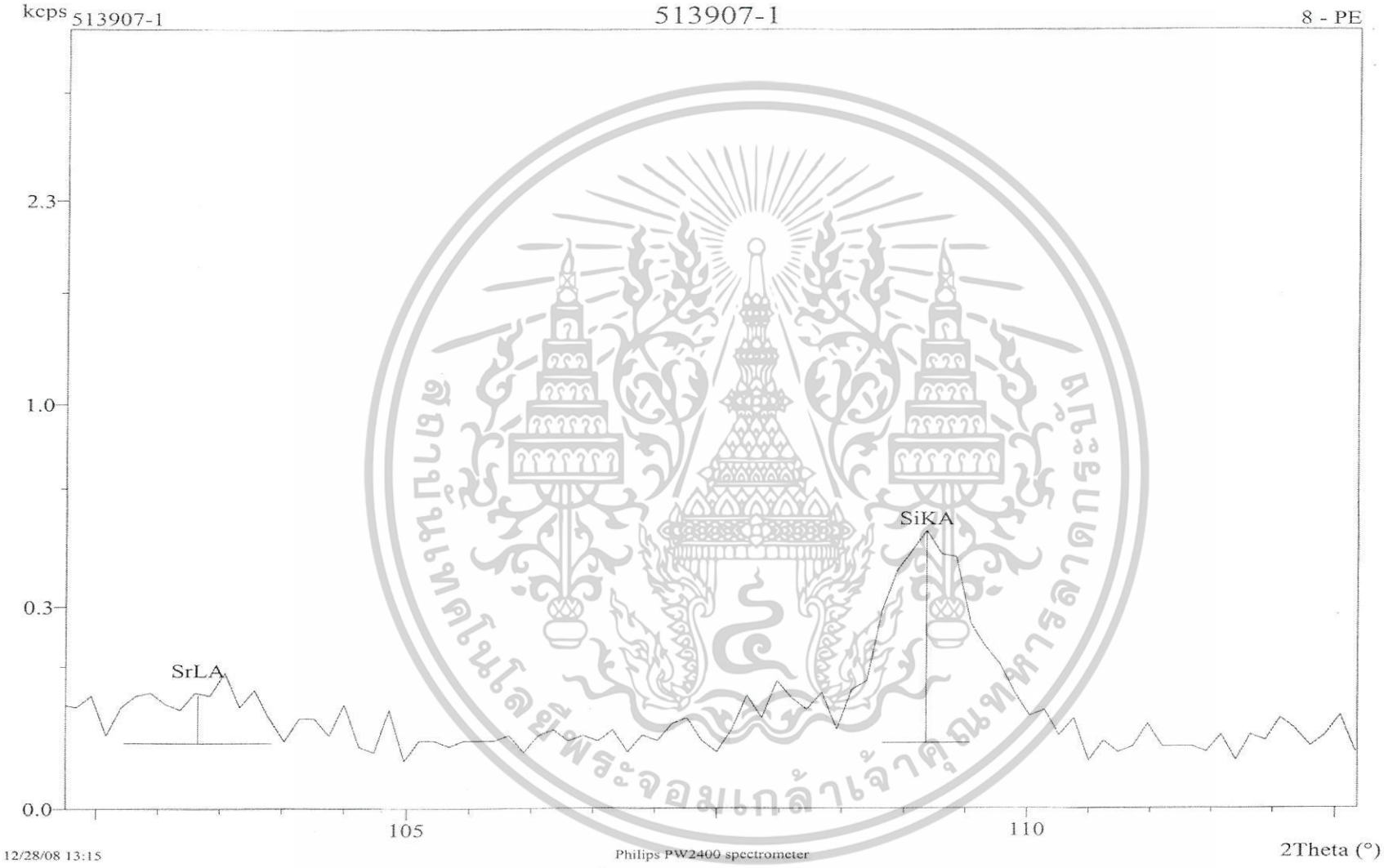


รูปที่ 4.4 กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่1,2,3 ด้วยเครื่อง XRF

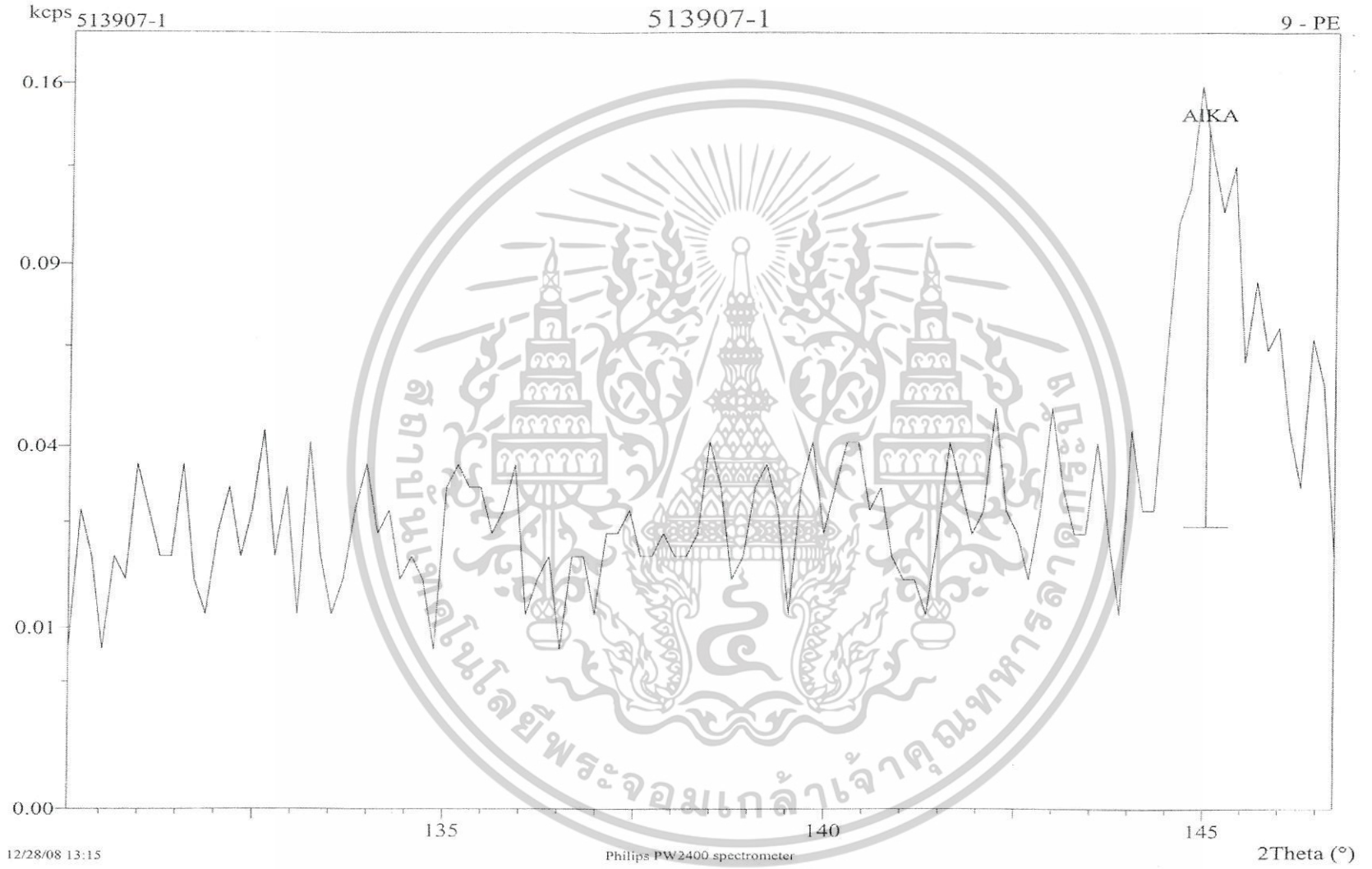
รูปที่ 4.5 กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่ 1,2,3 ด้วยเครื่อง XRF



รูปที่ 4.6 กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่1,2,3 ด้วยเครื่อง XRF



รูปที่ 4.7 กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่1,2,3 ด้วยเครื่อง XRF



รูปที่ 4.8 กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่1,2,3 ด้วยเครื่อง XRF

รูปที่ 4.9 กราฟผลการวิเคราะห์ปูนขาวตัวอย่างที่1,2,3 ด้วยเครื่อง XRF

4.1.3 เครื่องวัดความชื้น

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ปูนขาวจากเครื่องวัดความชื้น

ตัวอย่าง	ค่าการวัดและวิเคราะห์
ปูนขาว 1	0.08
ปูนขาว 2	0.03
ปูนขาว 3	0.01

หมายเหตุ หน่วยของการวัดคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนัก

4.1.4 Reactivity

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ปูนขาวจากเครื่อง XRF

ตัวอย่าง	ΔT_{30}	ΔT_{60}	ΔT_{total}	T.A.S.T	T_{max}
ปูนขาว 1	41.8	44.5	44.7	1.5	65.2
ปูนขาว 2	37.9	46.3	-	-	67.7
ปูนขาว 3	36.6	41.6	42.8	2.0	62.3

หมายเหตุ หน่วยของการวัดคิดเป็นองศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลวิเคราะห์เรื่องสิ่งแวดล้อม

ในการวิเคราะห์เรื่องสิ่งแวดล้อมได้ทำการเก็บตัวอย่างมลสารภายในบริเวณโรงงานในจุดต่างๆและได้กำหนดชื่อตัวอย่างตามบริเวณที่ได้เก็บมาดังนี้

มลสารดำ คือ มลสารที่เก็บตัวอย่างมาจากการเผาไหม้ของเตาเผา

มลสาร คือ มลสารที่เก็บมาจากบริเวณรอบๆโรงงาน

มลสาร (center) คือ มลสารที่เก็บตัวอย่างมาจากบริเวณเครื่องดักมลสาร

ทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้

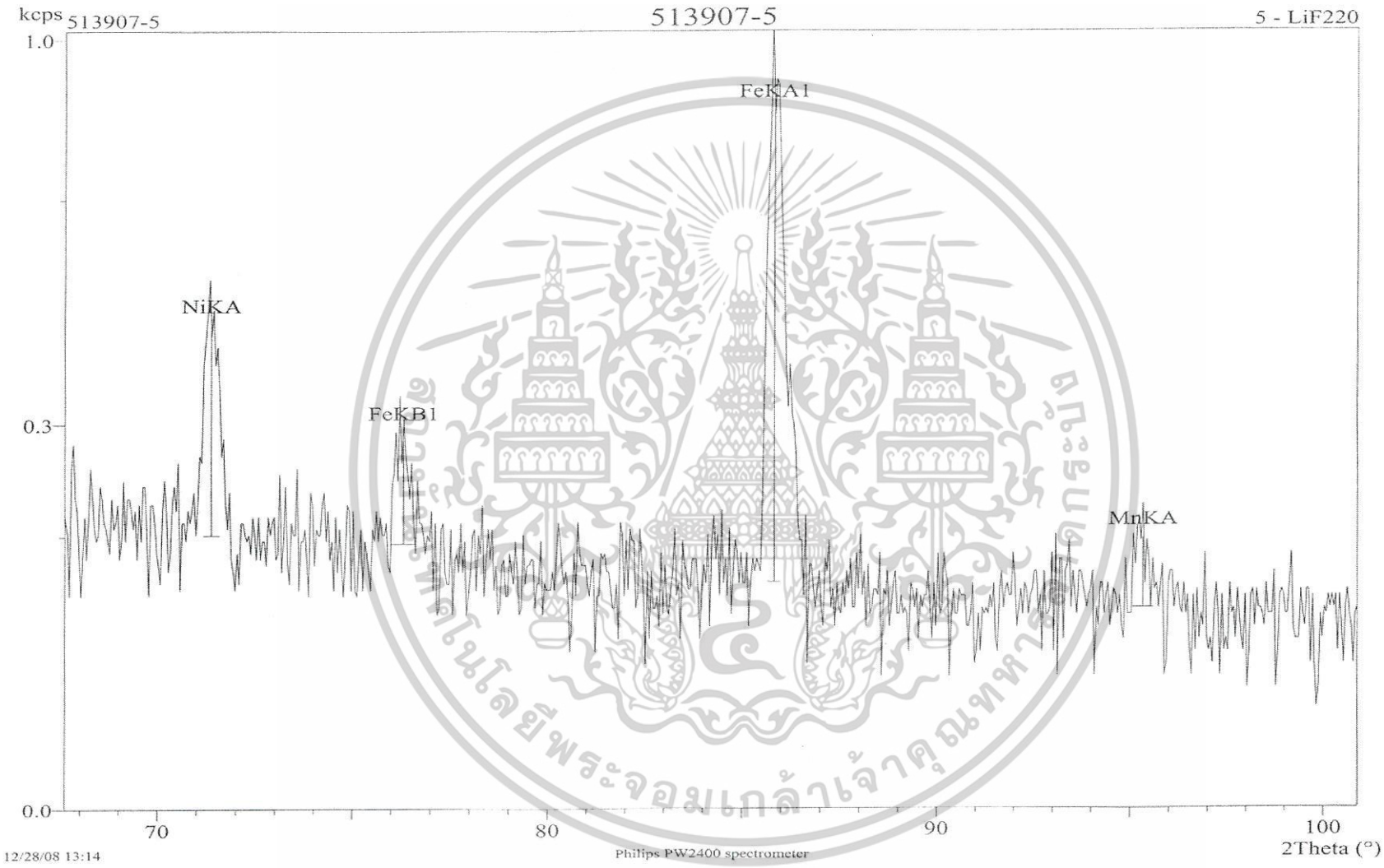
4.2.1 XRF

ทำการทดลองโดยเครื่อง X-Ray fluorescence spectrometer ; Philips model PW 2400

ตารางที่ 4.9 ปริมาณธาตุที่พบในการวิเคราะห์ตัวอย่างมลสารและมลสารดำ

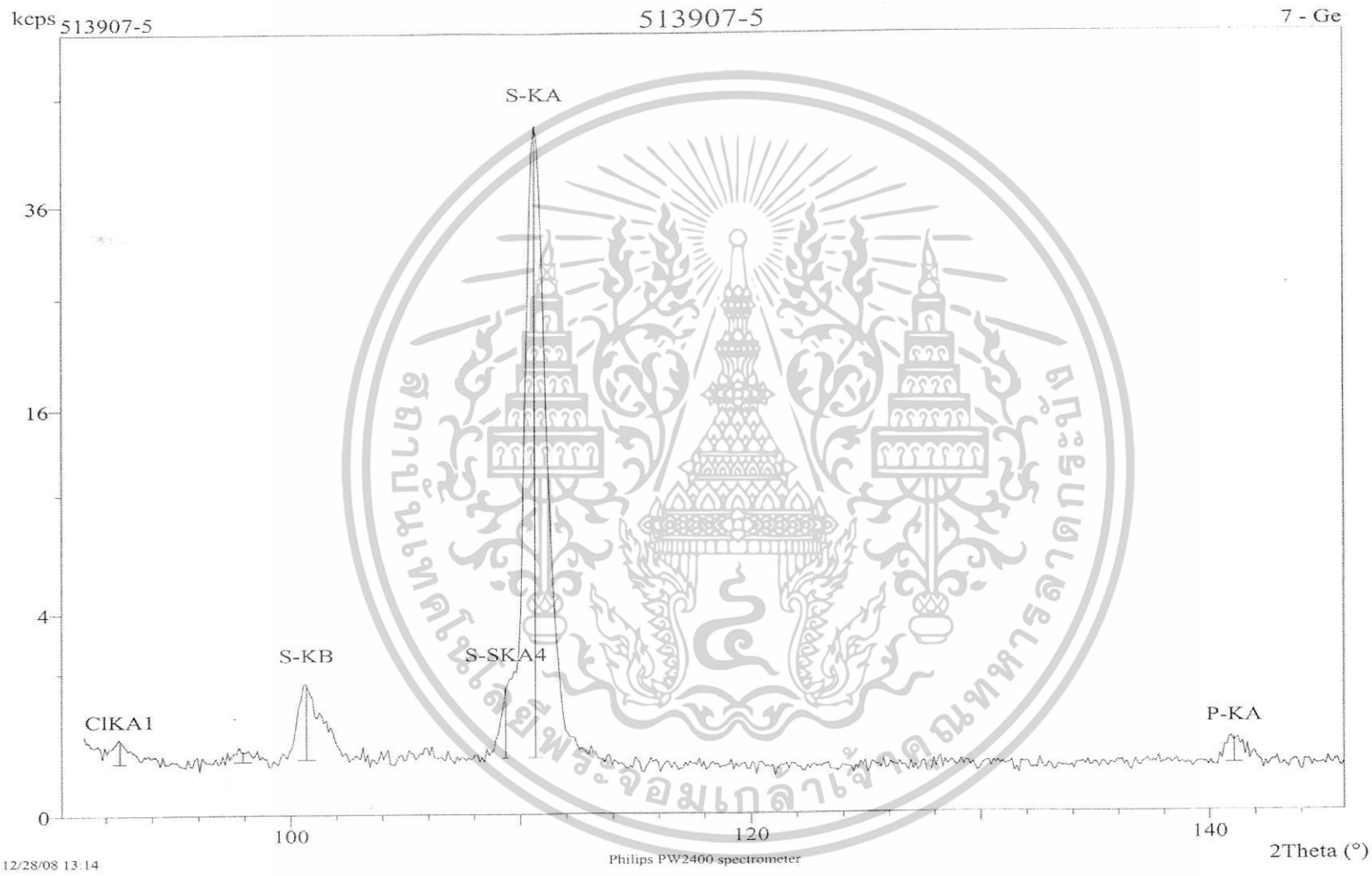
ตัวอย่าง	ปริมาณธาตุ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)											
	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl	K_2O	CaO	V_2O_5	Fe_2O_3	NiO	% LOI
มลสารดำ	0.41	0.16	0.47	0.01	8.89	-	0.02	74.40	0.11	0.19	0.04	15.3
มลสาร (center)	1.02	0.02	1.31	0.02	3.85	0.03	0.05	86.24	0.07	0.23	0.04	6.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

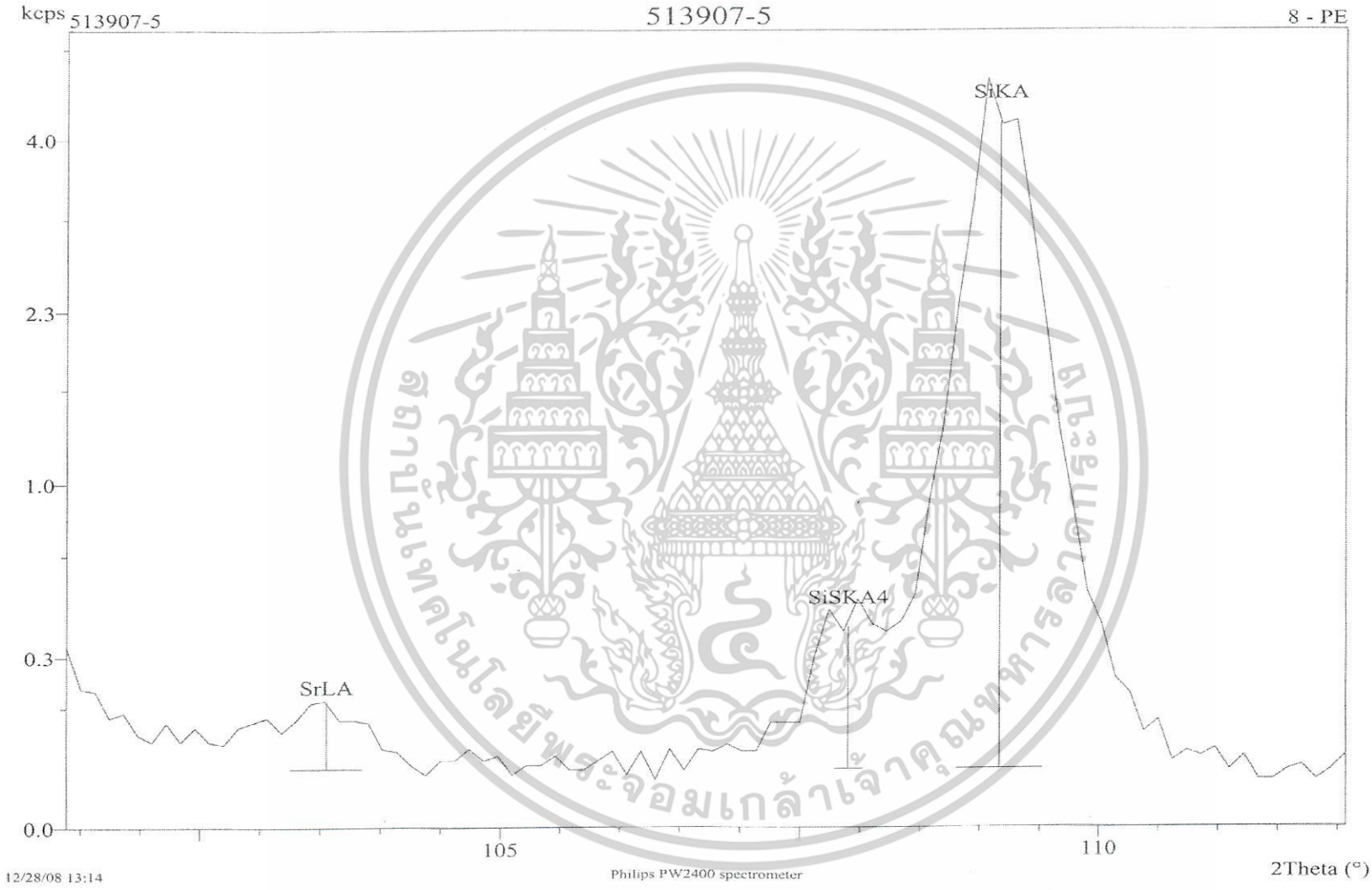


รูปที่ 4.10 กราฟผลการวิเคราะห์มลสารดำและมลสาร (center) ด้วยเครื่อง XRF

รูปที่ 4.11 กราฟผลการวิเคราะห์มลสารดำและมลสาร (center) ด้วยเครื่อง XRF



รูปที่ 4.12 กราฟผลการวิเคราะห์มลสารดำและมลสาร (center) ด้วยเครื่อง XRF



รูปที่ 4.13 กราฟผลการวิเคราะห์มลสารดำและมลสาร (center) ด้วยเครื่อง XRF

รูปที่ 4.14 กราฟผลการวิเคราะห์มลสารดำและมลสาร (center) ด้วยเครื่อง XRF

รูปที่ 4.15 กราฟผลการวิเคราะห์มลสารดำและมลสาร (center) ด้วยเครื่อง XRF

4.2.2 เครื่องวัดอนุภาค

จากการทดสอบการวัดและวิเคราะห์ผลจากเครื่องวัดอนุภาค(Malvern Instrument Ltd) ได้ทำการเก็บตัวอย่างอนุภาคมลสารภายในบริเวณโรงงานในจุดต่างๆและได้กำหนดชื่อตัวอย่างตามบริเวณที่ได้เก็บมาดังนี้

อนุภาคมลสารดำ	คือ	มลสารที่เก็บตัวอย่างมาจากการเผาไหม้ของเตาเผา
อนุภาคมลสารทั่วไป	คือ	มลสารที่เก็บมาจากบริเวณรอบๆโรงงาน
อนุภาคมลสาร (center)	คือ	มลสารที่เก็บตัวอย่างมาจากบริเวณเครื่องดักมลสาร

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการวิเคราะห์จากเครื่องวัดอนุภาคโดย Distribution type : Volume ซึ่งทำการทดสอบเมื่อวันที่ 30 มกราคม 2552

สารตัวอย่าง	Size Low (um)	Size High (um)	Mean Diameter 100% (um)
อนุภาคมลสารดำ			
1*	0.42	88.91	94.17
2*	0.42	76.32	93.19
3*	0.42	88.91	100.28
ค่าเฉลี่ย	0.42	84.71	95.89
อนุภาคมลสารทั่วไป			
1*	0.42	88.91	69.60
2*	0.42	65.51	69.15
3*	0.42	65.51	66.73
ค่าเฉลี่ย	0.42	73.31	68.49
อนุภาคมลสาร (center)			
1*	0.42	258.95	188.23
2*	0.42	258.95	194.25
3*	0.42	301.68	202.78
ค่าเฉลี่ย	0.42	273.19	195.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : 1* คือ การทดสอบครั้งที่ 1

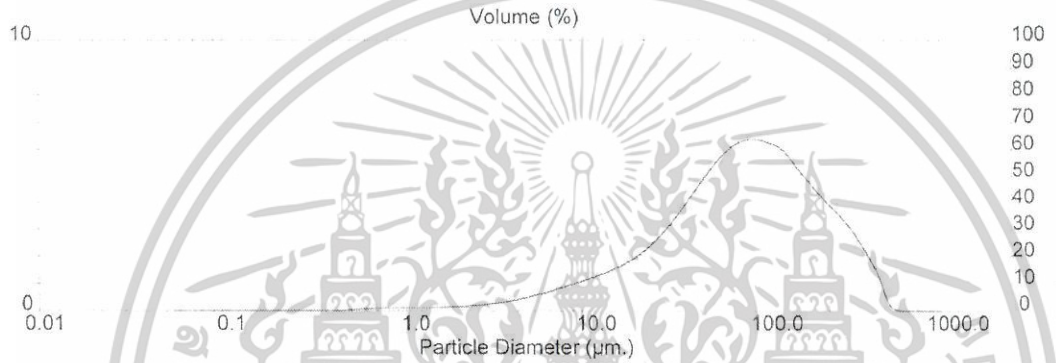
2* คือ การทดสอบครั้งที่ 2

3* คือ การทดสอบครั้งที่ 3

กราฟแสดงขนาดตัวอย่างของการทดสอบเครื่องวัดอนุภาค

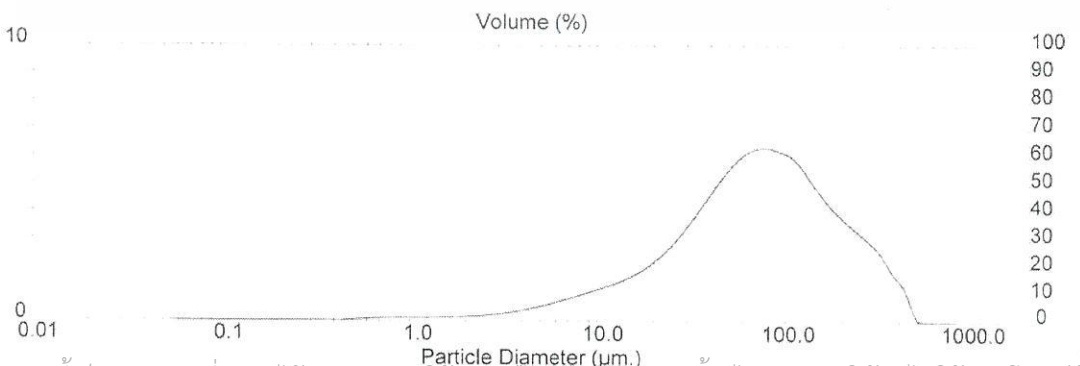
อนุภาคมลสารดำ

การทดสอบครั้งที่ 1



การทดสอบครั้งที่ 2

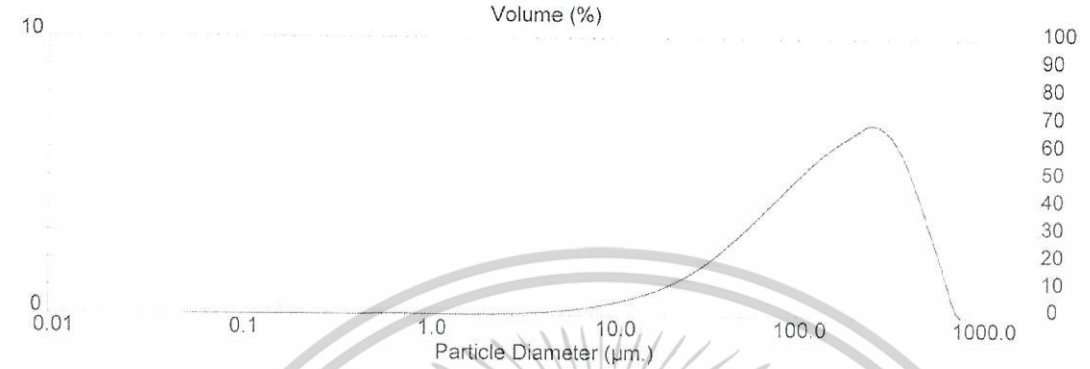
การทดสอบครั้งที่ 3



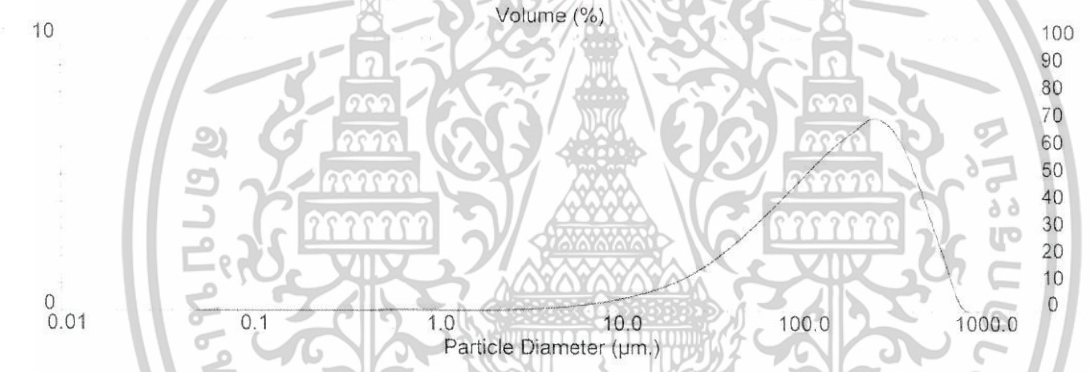
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุภาคมลสารทั่วไป

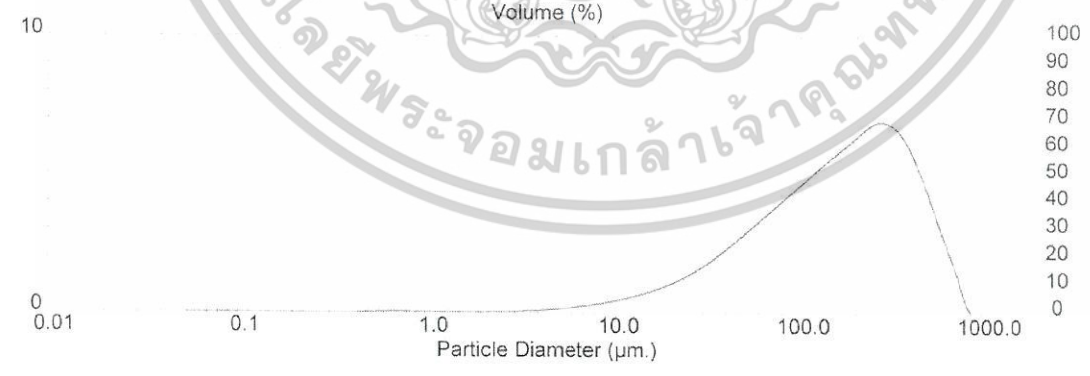
การทดสอบครั้งที่ 1



การทดสอบครั้งที่ 2



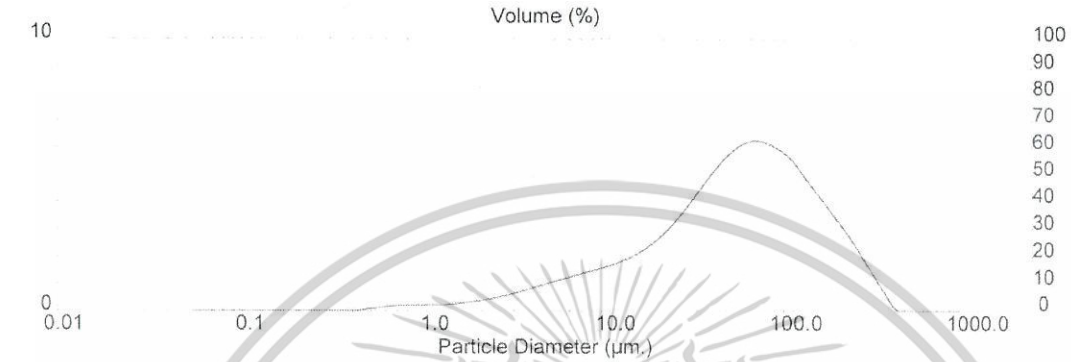
การทดสอบครั้งที่ 3



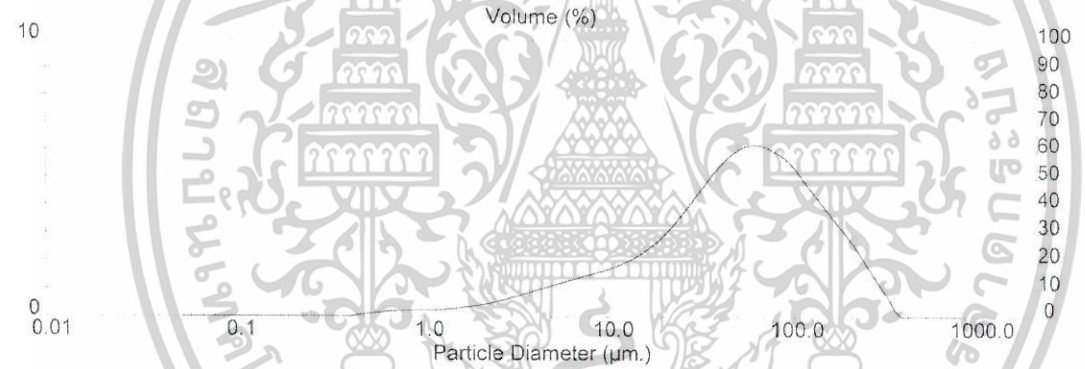
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุภาคมลสาร (center)

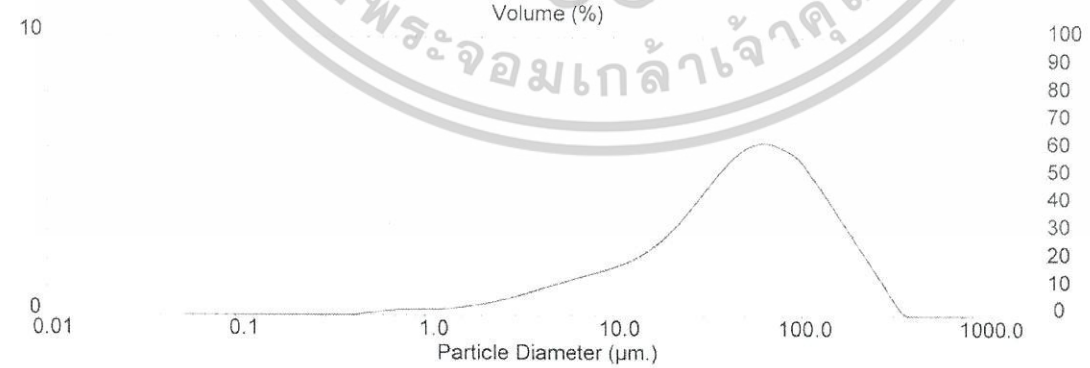
การทดสอบครั้งที่ 1



การทดสอบครั้งที่ 2



การทดสอบครั้งที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ปูนขาว

จากการทดสอบโดยเครื่องมือและผลการทดสอบทางเคมีในบางส่วนนั้นแสดงให้เห็นตามตารางที่เทียบกับค่ามาตรฐานได้ว่าค่าของตัวอย่างปูนขาวที่นำมาทดสอบนั้นมีองค์ประกอบตามที่ได้ระบุไว้ในตารางที่แสดงองค์ประกอบของเหล็กกล้า หรืออาจกล่าวได้ว่าปูนขาวทั้ง 3 ตัวอย่างนั้นสามารถนำมาเติมเต็มในอุตสาหกรรมเหล็กกล้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการวิเคราะห์ข้างต้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.1 สารประกอบทางเคมีของปูนขาวที่ใช้เติมในเหล็ก จะได้ว่า

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ปูนขาวเทียบกับค่ามาตรฐาน

Analysis	ค่ามาตรฐาน	ผลวิเคราะห์		
		ปูนขาว 1	ปูนขาว 2	ปูนขาว 3
Cao	85%(min)	95.59	94.72	95.78
Impurity Content	3.20%(max)	0.99	1.20	1.19
Moisture	2.00%(max)	0.08	0.03	0.01
Reactivity T=60°C	<5.0(min)	44.5	46.3	41.6
Max temp	60°C(min)	65.2	67.7	62.3
Size	20-60 mm	20-60 mm	20-60 mm	20-60 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 สิ่งแวดล้อม

การทดสอบมลสาร

จากการทดสอบมลสารที่ได้ทดสอบจากเครื่อง XRF นั้นพบว่ามีค่า CaO ต่ำ แต่ในทางตรงกันข้าม ค่า Impurity จะมีค่าสูง และมีค่าองค์ประกอบของธาตุซึ่งแต่ละธาตุก็เป็นสารเจือปนที่มีลักษณะให้โทษแตกต่างกันไป (สามารถดูได้ในบทที่ 2)

การทดสอบอนุภาคมลสาร

และจากการตรวจสอบพบว่าอนุภาคมลสารทั้ง3ชุดที่ได้ทำการทดสอบนั้นสามารถสรุปได้ตามตารางดังนี้

ตารางที่ 5.2 แสดงการจัดประเภทของอนุภาคมลสาร

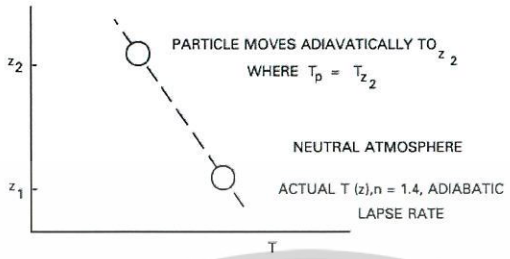
มลสารตัวอย่าง	มาตรฐานขนาดอนุภาค (μm)	ผลที่ได้ทำการทดสอบ (μm)	ประเภทของอนุภาคมลสาร
อนุภาคมลสารดำ	3-110	95.89	ขี้เถ้า
อนุภาคมลสารทั่วไป	3-110	68.49	ขี้เถ้า,ฝุ่น
อนุภาคมลสาร (center)	20-200	195.09	ฝุ่น

การเคลื่อนไหวของอากาศ

จากการวิเคราะห์และพิจารณาตามลักษณะของกลุ่มอากาศได้ว่าเป็นกลุ่มอากาศแบบ adiabatic

กลุ่มอากาศแบบ adiabatic กลุ่มอากาศจะลอยขึ้นไปในบรรยากาศโดยผ่านเขตที่มีความกดอากาศต่ำกว่า และในขณะที่ลอยขึ้นมันจะขยายตัว การขยายตัวนี้เป็นงานที่กระทำต่อสิ่งรอบตัว ดังนั้นอุณหภูมิของกลุ่มอากาศจะลดลง ซึ่งเกิดขึ้นเร็วมากพอที่จะสมมติได้ว่าเป็นแบบ adiabatic คือไม่มีการถ่ายเทความร้อน ถ้าบรรยากาศมี lapse rate เป็นแบบ adiabatic เหมือนกัน เมื่อกลุ่มอากาศนั้นลอยถึงตำแหน่ง Z_2 จะมีอุณหภูมิเท่ากับสิ่งรอบตัว แล้วหยุดนิ่งอยู่ตรงนั้น เรียกบรรยากาศที่มี lapse rate เป็นแบบ adiabatic ว่าเป็นบรรยากาศแบบสะเทิน (neutral stability)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 กลุ่มอากาศแบบ adiabatic

พลูม (Plume)

การกระจายของพลูมนั้นขึ้นอยู่โดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบรรยากาศทางแนวดิ่งพลูมที่ออกจากปล่องไฟ และตามลักษณะที่ได้จะเป็นแบบ Lofting

แบบ Lofting คือเกิดเมื่อมีอินเวอร์ชั่นทางด้านล่างของพลูม ทำให้ไม่มีการผสมทางด้านล่าง สภาพนี้จะเกิดในเวลาเย็น เมื่อมีอินเวอร์ชั่นที่ระดับพื้นดิน เนื่องจากการแผ่รังสีที่เกิดขึ้น และความสูงของปล่องไฟสูงกว่าระดับอินเวอร์ชั่นเมื่อระดับอินเวอร์ชั่นสูงขึ้นจนผ่านระดับปล่องไฟ การกระจายของพลูมจะเปลี่ยนจากแบบ lofting เป็นแบบ fanning

รูปที่ 5.2 Lofting Plume

และการกระจายตัวของพลูมในบรรยากาศที่มีกระแสไหลวนขนาดต่างๆกันพลูมจะขยายตัวและเคลื่อนที่เป็นวงกว้างในขณะที่เคลื่อนที่ไปตามลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ปูนขาว

ค่าของผลการทดสอบที่ได้อาจคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากสิ่งแวดล้อมหรือปัจจัยต่างๆ กล่าวคือ โดยการเก็บตัวอย่างก่อนนำมาทดสอบควรมีการเก็บอย่างระมัดระวังเพื่อให้ให้ตัวอย่างที่เก็บมาสัมผัสถูกความชื้น ซึ่งเมื่อสัมผัสถูกความชื้นทำให้มี H_2O แทรกซึมเข้าไปในตัวอย่างดังนั้นในกราฟที่แสดงการทดสอบตัวอย่างด้วยเครื่อง XRD จึงปรากฏว่ามี H_2O อยู่เล็กน้อย

5.2.2 สิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างอนุภาคที่เก็บจากบริเวณรอบๆ โรงงานควรจะมีขนาดเล็ก ซึ่งการเก็บตัวอย่างที่อยู่ในโรงงานดังกล่าวควรทำอย่างระมัดระวังเช่นเดียวกันกับการเก็บปูนขาวและเพราะตัวอย่างที่ได้นั้นเกาะอยู่ตามใบไม้ต้นไม้และอาจมียางไม้ติดมาด้วยจึงทำให้การทดสอบวัดอนุภาคมีค่าคลาดเคลื่อนเนื่องจากอนุภาคไม่กระจายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

นางสาวกมลวรรณ วันหวัง, นางสาวชลิดา สารใจ, นางสาวทศวัลย์ เลิศประภัสสร, **การศึกษาการติดตั้งและการวิเคราะห์ของระบบการวัดอุณหภูมิสูงในเครื่องเอ็กซเรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์**, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : กรุงเทพมหานคร, 2548

นางสาวพรพรรณ ศิลามาศ, นายโอฬาร คูณสมบัติกุล, **ผลกระทบของศักดาไฟฟ้าสูงจากหลอดรังสีเอ็กซ์แบบแจกแจงความยาวคลื่น**, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : กรุงเทพมหานคร, 2548

นายพิไชยลักษณ์ ปัทมาภรณ์ และ นางสาวนวภรณ์ ประสมเพ็ชร์ , **ไมโครเอ็กซเรย์ดิฟแฟรกชัน**, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : กรุงเทพมหานคร, 2549

วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, นิตยา มหาผล, ธีระ เกรอต, **มลภาวะอากาศ**, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : กรุงเทพมหานคร,2549

Manual X-Ray Diffractometer : Bruker AXS Model D8 Discover

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้