| | | |
|---|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | การเกิดและการสะสมตัวของเถ้าหลอมจากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ปริมาณแคลเซียมสูงในหม้อไอน้ำชนิดเชื้อเพลิงถ่านหินบดละเอียด | |
| **ผู้เขียน** | นางสาวภคมน ปินตานา | |
| **ปริญญา** | วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) | |
| **คณะกรรมการที่ปรึกษา** | รศ.ดร. นคร ทิพยาวงศ์ | อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก |
| | ผศ.ดร. ยศธนา คุณาธร | อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม |
| | ผศ.ดร. วัชรพงษ์ ธัชยพงษ์ | อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม |

# บทคัดย่อ

ถ่านหินลิกไนต์จากเหมืองแม่เมาะเป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงแข็งที่ใหญ่ที่สุดสำหรับการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย โดยได้ถูกนำไปใช้กับหม้อไอน้ำชนิดเชื้อเพลิงถ่านหินบดละเอียดในโรงไฟฟ้าความร้อนขนาด 2400 เมกกะวัตต์ ในห้องเผาไหม้อนุภาคของเถ้าเกาะติดอยู่กับชั้นของเถ้าหลอมที่ผนัง จากนั้นจึงหลอมเป็นของไหลเปลี่ยนรูปเป็นของแข็งบนผนังห้องเผาไหม้ เถ้าหลอมจากการเผาไหม้ถ่านหินเป็นปัญหาสำหรับการใช้ประโยชน์ทางพลังงาน เช่น สูญเสียกำลังผลิต สูญเสียความร้อน อุปกรณ์หม้อไอน้ำได้รับความเสียหาย สูญเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ เป็นต้น การเถ้าหลอมมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น คุณสมบัติด้านอินทรีย์ แร่ธาตุ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงและการสลายตัวของถ่านหิน โดยปกติถ่านหินจากเหมืองแม่เมาะจำเป็นต้องได้รับการผสมเพื่อให้มีค่าความร้อนสูงเพียงพอ ปริมาณซัลเฟอร์ต้องอยู่ในค่าที่กำหนด และ CaO free $SO_3$ ในเถ้าต้องไม่เกิน 23 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามค่าแคลเซียมออกไซด์ในพื้นที่ที่เหลืออยู่พบว่าอาจจะมีค่าสูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคาดว่าจะเป็นสาเหตุทำให้เถ้าหลอมตัวมากขึ้นในอนาคต ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำความเข้าใจและศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดและการสะสมของเถ้าหลอมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของลิกไนต์ที่มีปริมาณแคลเซียมสูง และการสร้างแบบจำลองพลศาสตร์การไหลภายในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

วิธีการวิจัยถูกแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกทำการทดสอบคุณสมบัติของถ่านหิน เถ้า และเถ้าหลอม รวมทั้งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพของการเกิดเถ้าหลอมก็ได้รับประมวลผล ตัวอย่างเถ้าหลอมที่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะภายนอกแตกต่างกันจากการทดสอบเผาถ่านหินแคลเซียมสูงของโรงไฟฟ้าแม่เมาะได้ถูกจัดเก็บและตรวจสอบคุณสมบัติโดยเครื่อง SEM, EDS, XRF และ XRD ผลการทดสอบพบว่าสัณฐานของผิวมีความคล้ายคลึงกัน ส่วนใหญ่เป็นก้อนคล้ายอนุภาคดินเหนียวและมีเม็ดซ้อนกันอยู่บนผิวด้วย ธาตุที่พบเต็มไปด้วยออกซิเจน อลูมินัม ซิลิกา และแคลเซียม องค์ประกอบหลักทางเคมีที่มีอยู่ในเถ้าหลอมคือ แคลเซียมออกไซด์ ซิลิกาออกไซด์ อลูมินาออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแร่ธาตุที่พบคือ anorthite, gehlenite, akermanite, diopside และ esseneite ถ่านหิน C1 และ SE ถูกจัดเก็บจากเหมืองแม่เมาะโดยให้มีค่า CaO free $SO_3$ในเถ้าต่ำและสูงตามลำดับ นำไปทดสอบโดย proximate analysis, ultimate analysis, bomb calorimeter, and sulfur analyzer, SEM, EDS, XRF, XRD และการศึกษาพฤติกรรมทางความร้อนของและแบบจำลองทางจลนศาสตร์ของถ่านหินใช้วิธี Nonisothermal thermogravimetric ผลของคุณสมบัติแสดงให้เห็นว่าถ่านหินลิกไนต์ C1 มีคุณภาพดีกว่า SE ลิกไนต์ทั้งสองถูกผสมให้เป็น 7 ชนิดโดยให้มีค่า CaO free $SO_3$ในเถ้าที่แตกต่างกัน และวิเคราะห์โดยใช้ proximate analysis, ultimate analysis, bomb calorimeter, and sulfur analyzer, XRF และการทดสอบหา AFT คุณสมบัติถ่านหินถูกเปรียบเทียบกันโดยเฉพาะผลการทดสอบ AFT ที่ได้แสดงให้เห็นว่าเถ้าจากลิกไนต์ชนิด E (CaO free $SO_3$ในเถ้า 35.11 เปอร์เซ็นต์) มีจุดหลอมตัวและช่วงระหว่าง IT กับ FT ต่ำสุด โดยสัมพันธ์กับผลจากการคำนวณอัตราส่วนเบสต่อกรด, อัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินา, อัตราส่วนเหล็กต่อแคลเซียม, อัตราส่วนเหล็กต่อโดโลไมต์, และการทดสอบ SEM และ EDS ซึ่งบ่งชี้ว่าลิกไนต์ชนิด E เป็นเถ้าเหล้าหลอมในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำได้ง่ายที่สุดและเป็นชนิดที่กำจัดยาก การวิจัยในส่วนที่สองใช้โปรแกรม FactSage และ ANSYS Fluent ในการทำนายการเกิดและการสะสมของเถ้าหลอม โดยผลการทำนายการเกิดเถ้าหลอมจากแบบจำลอง equilib และ phase diagram ในโปรแกรม FactSage สอดคล้องไปในทางเดียวกับผลการทดสอบ AFT ผลของการทำนายฟลักซ์ความร้อนจากโปรแกรม ANSYS Fluent CFD พบว่าสอดคล้องกับข้อมูลการวัดที่ได้จากกรณีศึกษา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าบริเวณหัวเผามีการสะสมตัวของเถ้าหลอมมากกว่าส่วนอื่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

| | | |
|---|---|---|
| **Thesis Title** | Formation and Deposition of Slag from Combustion of High Calcium Lignite on Pulverized Coal-fired Boiler | |
| **Author** | Ms. Pakamon Pintana | |
| **Degree** | Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering) | |
| **Advisory Committee** | Assoc. Prof. Dr. Nakorn Tippayawong | Advisor |
| | Asst.Prof.Dr.Yottana Khunatorn | Co-advisor |
| | Asst.Prof.Dr.Watcharapong Tachajapong | Co-advisor |


## ABSTRACT

Lignite from Mae Moh mine is the largest source of solid fuel for electricity generation in Thailand. It is used in pulverized coal-fired boilers of a 2400 MW thermal power plant. In a boiler chamber, the ash particles are adhere to the surface of the slag sinter layer, and then melt into liquid and transformed to solid slag on furnace walls. Slag from coal combustion for energy utilization results in many problems, such as loss of capacity, loss of heat, boiler equipment damage, loss of time and maintenance boiler costs. Slag is caused by many factors, such as coal organic properties, coal mineral matter properties, mineral transformation and decomposition. Generally, the blended coal from Mae Moh mine must have sufficiently high heating value, under limitation of sulfur content, and CaO (free $SO_3$) in ash must not exceed 23%. Nevertheless, the CaO value of coal found in the remaining areas revealed that coal with up to 40% CaO may be available in the future. It is likely that more frequent and severe slagging problems may occur in the future. So, understanding of slag problem, and factors that influence formation and deposition of slag are required, especially for the case of high Ca lignite. Fluid dynamic inside the boiler furnace of Mae Moh coal fired power plant is also useful.


ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

The research methodology was separated into 2 parts. Firstly, the coal, ash, and slag were analyzed and the factors influencing the potential of slag were processed. Mae Moh slag samples with different appearances from the high Ca content from the Mae Moh power plant were collected. Characteristics and properties of the slag were investigated using SEM, EDS, XRF, and XRD. The microscopic surface morphologies were found to be similar. A majority of the crystal surfaces were agglomerates of particle-like clay and irregular granules stacked together. The elements found to be abundant were oxygen, aluminum, silica, and calcium. The major chemical constituents of the slag were CaO, $SiO_2$, $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$, and MgO, that correlated with the following minerals; anorthite, gehlenite, akermanite, diopside, and esseneite. Lignite C1 and SE were collected from the Mae Moh mine with low and high CaO (free $SO_3$) contents in ash, respectively. Raw coals were analyzed using proximate analysis, ultimate analysis, bomb calorimeter, sulfur analyzer, SEM, EDS, XRF, and XRD. Nonisothermal thermogravimetric method was also used to study the thermal behavior of raw coals and to perform kinetics modeling. The properties of lignite C1 showed a better quality than SE. The lignites were blended for 7 types with different CaO (free $SO_3$) content and analyzed by proximate analysis, ultimate analysis, bomb calorimeter, and sulfur analyzer, XRF, and AFT test. The coal properties were compared. Especially from AFT test, the lignite E (35.11% of CaO (free$SO_3$) in coal ash) was found to have the lowest ash melting point and IT-FT gap. From base to acid ratio, silica/alumina ratio, iron/calcium ratio, iron/dolomite ratio, the test of SEM, and EDS, the results indicated that sample E was the most likely to form slag in boiler furnace, and difficult to remove. Additionally, FactSage package and ANSYS Fluent program were used in the prediction of slag formation and deposition. The predicted formation of slag from FactSage, equilib and phase diagram models, were found to be in good agreement with the AFT test. Qualitatively, the predicted heat flux from ANSYS Fluent CFD program was in agreement with the measured data from a normal operation of the boiler. It was shown that the burner zone may have higher slag potential.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved