รหัสโครงงาน PDF/43/2541

ชื่อโครงงาน แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการก่อตัวของก๊าซกำมะถันในการเผาไหม้ถ่านหินผง

นักวิจัย
1. ผศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข
2. นายวิภู ศรีสืบสาย
3. นายปัญญา แดงวิไลลักษณ์

ที่อยู่ (จดหมายอิเล็คทรอนิกส์) kcjarruw@kmitl.ac.th

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 2 ปี

วัตถุประสงค์

1.เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองการเกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยผงแคลเซียมออกไซด์ มาประกอบเข้ากับโปรแกรมจำลองการเผาไหม้ การไหล การกระจายตัวของก๊าซในห้องเผาไหม้ถ่านหินผง ที่มีอยู่เดิม

2.เพื่อนำแบบจำลองทั้งหมดที่พัฒนานั้นมาเป็นเครื่องมือ ศึกษาหาแนวทางการลดการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากการเผาไหม้ถ่านหินผงโดยวิธี Dry Adsorption

ระเบียบวิธีวิจัย

1.ศึกษาจลศาสตร์ของปฏิกิริยาการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กลไกลการก่อตัวเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เสนอแนวคิดในการคำนวณการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากการเผาไหม้ถ่านหินผง เขียนโปรแกรมเพื่อจำลองการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ รวมเข้ากับโปรแกรมหลัก

2.ทำการทดสอบความแม่นยำ ของแบบจำลองของการเผาไหม้โดยเปรียบเทียบกับผลการทดลอง และทดสอบความแม่นยำ ของการปลดปล่อยสารซัลเฟอร์โดยการคำนวณสมดุลมวล

3.เขียนโปรแกรมคำนวณการเกิดขบวนการ Calcinution จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พบในงานวิจัยที่ตีพิมพ์แล้วในอดีต รวมทั้งเขียนโปรแกรมคำนวณการเกิด Sulfation ของผง CaO

4.ทำการทดสอบความแม่นยำโดยเปรียบเทียบกับผลการทดลองในงานวิจัยในอดีต

5.นำโปรแกรม Calcination และ Sulfation มารวมกับโปรแกรมหลัก โดยทำการเขียนโปรแกรมคำนวณการแลกเปลี่ยนความร้อน มวล โมเมนตัม ระหว่างอนุภาคกับก๊าซ และคำนวณทางเดินอนุภาคในการไหลแบบปั่นป่วน โดยใช้วิธีที่ใช้กับอนุภาคถ่านหิน

6.ทำการทดสอบความถูกต้องของสมดุลมวล โมเมนตัม และพลังงาน ด้วยการคำนวณกรณีพื้นฐานต่าง ๆ

7.นำโปรแกรมคำนวณที่ได้มาทดสอบผลการดูดซับซัลเฟอร์โดยแบ่งเป็นกรณีศึกษาต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในปริญญานิพนธ์ของนักศึกษาของกลุ่มวิจัย (ภาคผนวก)

ผลการวิจัย

พบว่าปัจจัยสำคัญ ที่จำกัดประสิทธิภาพในการดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ของห้องเผาไหม้ที่ใช้ในกรณีนี้คือ อุณหภูมิที่ต่ำและเวลาในการทำปฏิกิริยาที่สั้น การใช้แบบจำลองทำให้ทราบแนวโน้มทางเดินของผง

แคลเซียมออกไซด์และปริมาณการดูดซับสะสมของอนุภาคที่เวลาต่างๆตั้งแต่เริ่มต้นปล่อยอนุภาคจนกระทั่งอนุภาคออกจากห้องเผาไหม้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตและวัดได้จากการทดลอง เราสามารถวิเคราะห์และปรับแก้เงื่อนไขต่างๆ เพื่อให้อนุภาคมีเวลามากพอและอยู่ในช่วงที่มีอุหภูมิสูงพอที่จะดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ได้สูงสุด จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการออกแบบเผาไหม้ โดยลดจำนวนครั้งในการทดลองที่มีค่าใช้จ่ายลง

สรุป วิเคราะห์ผล และความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยในอดีต

งานวิจัยนี้สามารถพัฒนาโปรแกรมจำลองการก่อตัวและการดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ ได้เป็นผลสำเร็จ ทำการทดสอบวิธีการคำนวณกับทฤษฎีพื้นฐาน จากนั้นทำการจำลองการเผาไหม้ของถ่านหิน โดยเปรียบเทียบกับผลการทดสอบที่มีมาในอดีตของนักวิจัยท่านอื่น ความเชื่อถือได้ของการจำลองยังจำกัดอยู่ในช่วงที่อธิบายด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เท่านั้น ทักษะความรู้ที่ใช้ในงานนี้คือพื้นฐานเกี่ยวกับงานที่เคยทำมาก่อนคืองานวิจัยทางด้าน Computational Fluid Dynamic เน้นการประยุกต์ด้าน การเผาไหม้ถ่านหินในงานอุตสาหกรรม

ข้อเสนอแนะ และการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ความรู้และเครื่องมือที่พัฒนาได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในขบวนการออกแบบห้องเผาไหม้หรือห้องทำปฏิกิริยาไหม่ โดยให้อณุภาคหินปูนอยู่นานและมีอุณหภูมิสูงพอ เมื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้แล้วก็น่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะนำไปใช้ในการลดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากเป็นวิธีที่มีราคาถูก

Project Code : PDF43/2541

Project Title : Mathematical Model of Sulfur Oxides Formation in Pulverized Coal Combustion

Investigators : 1. Asst.Dr.Jarruwat Charoensuk
2. Mr.Wipoo Sriseubsai
3. Mr.Panya Daungviluilux

E-mail Address : kcjarruw@kmitl.ac.th

Project Period : 2 years

Objective

1. To develop a program for simulating the formation of sulfur dioxide and incorporate a mathematical model of CaO adsorption with the existing program for simulating flow, combustion and species distributions in industrial pulverized combustion
2. To use the program as a tool in an assessment of dry-adsorption technique for desulfurization of pulverized coal combustion

Methodology

1. Carry out a study on chemical kinetic of sulfur dioxide formation and reaction mechanism with oxygen. Propose a concept of calculating the formation rate in pulverized coal combustion condition. Implement the idea in the computer program.
2. Perform calculation trials to test the degree of accuracy of the new program against mass balance and validate the combustion results with published data.
3. Write the computer program to calculate the calcination and sulfation rates using the mathematical models from existing literatures
4. Perform calculation trials to test the degree of accuracy of the new program with the existing bench-top experimental data
5. Incorporate the module into the main program. Calculate mass, heat and momentum balances for the particle. Add a special routine for calculating the particle tracks in turbulent flow.
6. Perform calculation trials to test mass, momentum and heat balances. Check the data transfer between routines
7. Apply the developed model for various case studies as appeared in the appendix

It is found that the combustion condition of the selected furnace is not favorable for adsorption process. This is mainly due to insufficiency in temperature level and residence time. The mathematical solution help us informed with the likely course and location of CaO particle in the combustion chamber. It also provides the calcination period and the accumulative amount of sulfation load versus time from the starting point where the particle is introduced into the chamber and throughout the calculation domain, which is not possible to monitor from an experiment. Analyzing and adjusting the operating condition that yield sufficient time and temperature level could maximize the adsorption efficiency. This help reduce number of experimental trials thus the cost involved.

Conclusion discussion and the relation with previous work

The mathematical model for sulfur dioxide formation $CaCO_3$ calcinatoin and CaO sulfation has been developed and validated against some essential basic theories. Comparison against the published combustion results were carried out and found satisfactory. The degree of accuracy of the calcination and sulfation models is, however, limited within the range of validity used in establishing the mathematical models. This research work has been performed in conjunction with the research skills and knowledge gained from the previous work in the area of computational fluid dynamics, specifically applied for industrial coal combustion.

Suggestion/Further implication/implementation

A new combustion chamber or reactor design will benefit from findings and the tool developed from this research. As the particle undergoes sufficient time and temperature level, adsorption efficiency will be improved. A low-cost dry adsorption technique may then be considered as an alternative mean of desulfurization for coal combustion system.