

สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจากหลอมของเต้าดำนหินและองค์ประกอบ



นางสาวชุติมา สิมปีจักร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-704-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015965 I16214870

CORRERATION BETWEEN ASH FUSION TEMPERATURE AND COMPOSITION



Miss CHUTIMA LIMPIJUK

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Chemical Technology**

**Graduate School
Chulalongkorn University**


1989

ISBN 974-576-704-2

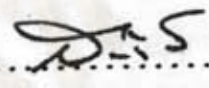


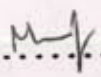
หัวข้อวิทยานิพนธ์ สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกายกลมของเด้าด้านหินและองค์ประกอบ
โดย นางสาวชุตินา ลิมปิจักร์
ภาควิชา เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย โอสวรรณ

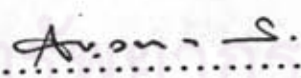
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคำหลักสูตรปริยายหาบัณฑิต



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรไภย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย โอสวรรณ)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ กัญญา บุญเกียรติ)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ แมน อมรสิทธิ์)



ชุตินา ลิมปิจักร์ :: สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหินและองค์ประกอบ
 (CORRELATION BETWEEN COAL ASH FUSION TEMPERATURE AND COMPOSITION)
 อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สมชาย โอสุวรรณ, 113 หน้า. ISBN 974-576-704-2

การนำถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาเผา มักเกิดปัญหาเนื่องจากเถ้าถ่านหินที่มีอุณหภูมิการหลอมต่ำเกิดการหลอมและแข็งตัว อุดตันหรือเกาะตามผนังท่อและเตาเผา การทราบอุณหภูมิการหลอมของเถ้าจึงมีประโยชน์ต่อการเลือกใช้ถ่านหินให้เหมาะสมกับการใช้งานของเตาเผา

งานวิจัยนี้เป็นการประมาณอุณหภูมิการหลอมของเถ้าถ่านหินจากองค์ประกอบเถ้าที่อยู่ในรูปของสารประกอบออกไซด์ต่าง ๆ คือ SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , SO_3 , Na_2O , K_2O , TiO_2 และ P_2O_5 ใช้จุดหลุมอ่อนตัว (Softening temperature, ST) เป็นอุณหภูมิหลักในการพิจารณา โดยใช้ข้อมูลของเถ้าถ่านหินเหมืองแม่เมาะ จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยจำนวน 285 ตัวอย่าง เป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างความสัมพันธ์ เพื่อนำมาใช้ประมาณจุดหลุมอ่อนตัวของเถ้าถ่านหิน จากสามวิธี คือ วิธีแรก ใช้โคอะแกรมกราฟสามเหลี่ยม วิธีที่สอง ใช้หลักของสมการถดถอยเชิงซ้อน และวิธีที่สาม ใช้สหสัมพันธ์ทางเทอร์โมไดนามิกส์ ที่มีตัวแปรเป็นผลต่างของสัคส่วนโดยโมล (ΔX) ของสารประกอบออกไซด์ต่าง ๆ ในเถ้า แล้วทดสอบความสัมพันธ์ที่ได้ทั้งสามวิธีกับข้อมูลของเถ้าถ่านหินที่วิเคราะห์เองรวม 24 ตัวอย่าง จากแหล่งต่าง ๆ ในประเทศ พบว่า วิธีสหสัมพันธ์ทางเทอร์โมไดนามิกส์ที่ดัดแปลงไปเล็กน้อยเป็นวิธีที่ดีที่สุด โดยมีผลต่างของจุดหลุมอ่อนตัวที่ประมาณได้ในช่วง $\pm 51^\circ C$ ซึ่งอยู่ในช่วงต่ำกว่าข้อกำหนดของมาตรฐาน ASTM D 1857 และดีกว่าผลงานของผู้วิจัยอื่นที่ใช้สหสัมพันธ์ทางเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งมีผลต่างของจุดหลุมที่ประมาณได้ในช่วง $\pm 66^\circ C$ จากความสัมพันธ์ที่ได้แสดงเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{1}{ST} = 6.64 \times 10^{-4} + 5.64 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{SiO_2}) + 5.33 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{Al_2O_3}) + 4.62 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{Fe_2O_3}) + 6.51 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{CaO}) + 6.98 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{MgO}) + 5.61 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{SO_3}) + 6.02 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{others})$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาเคมีเทคนิค.....
 สาขาวิชาเคมีเทคนิค.....
 ปีการศึกษา2532.....

ลายมือชื่อนิติกร
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา



CHUTIMA LIMPIJUK : CORRELATION BETWEEN ASH FUSION TEMPERATURE AND COMPOSITION. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF.SOMCHAI OSUWAN, Ph.D. 113 PP. ISBN 974-576-704-2

Problems arising from using coal as a fuel in furnaces are due to low ash fusion temperature, causing ash fusion and blocking gas passage and depositing on furnace wall. Knowing coal ash fusion temperature is useful in selecting proper type of coals for a particular type of furnace.

This work is aimed at correlating ash fusion temperature to ash compositions which are in oxide forms: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, SO₃, Na₂O, K₂O, TiO₂ and P₂O₅. Softening temperature (ST) is used to represent ash fusion temperature. Some 285 Mae Moh coal samples of complete ash fusion temperature and ash compositions analysis data were obtained from the Electricity Generating Authority of Thailand. Three methods of correlation were used; tertiary diagram method, multiple regression method and thermodynamically based correlation method. The correlations were tested with 24 coal samples from various sources in Thailand analysed in this work. It was found that the third method with minor modifications yields the best correlation giving the temperature difference within ±51°C which is in the acceptable range according to ASTM D 1857 and can predict more accurate result than other's published work employing the same method which can predict temperature within ±66°C. The correlation is :-

$$\frac{1}{ST} = 6.64 \times 10^{-4} + 5.64 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{SiO_2}) + 5.33 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{Al_2O_3}) + 4.62 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{Fe_2O_3}) + 6.51 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{CaO}) + 6.98 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{MgO}) + 5.61 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{SO_3}) + 6.02 \times 10^{-4} \ln(1 - \Delta X_{others})$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาเคมีเทคนิค.....
สาขาวิชาเคมีเทคนิค.....
ปีการศึกษา 25๖2

ลายมือชื่อนิสิต *ชุตติมา ลิ้มปิจุก*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *สมชาย อสุวาน*



กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ใสสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ดักเตือนและช่วยเหลือ ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จ ด้วยดี

ขอขอบคุณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลผลการวิเคราะห์ด้านหิน และตัวอย่างด้านหิน

ขอขอบคุณ บริษัท วิศวกรรม เคมี จำกัด ที่กรุณาให้ใช้เครื่องมือหาอุณหภูมิการหลอม ของแร่ด้านหิน

ขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ ช่วยวิเคราะห์หาองค์ประกอบของแร่ด้านหิน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่านที่ให้ความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ

และท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา พี่ และน้อง ตลอดจนเพื่อน ที่ให้กำลังใจ และช่วยเหลือจนงานวิจัยนี้สำเร็จ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 วารสารปริทัศน์	3
2.1 ถิ่นหิน	3
2.2 โครงสร้างถิ่นหิน	3
2.2.1 โครงสร้างอินทรีย์	5
2.2.2 สารประกอบแร่ธาตุ	5
2.3 กำมะถันในถิ่นหิน	8
2.4 ถ้ำถิ่นหิน	8
2.4.1 องค์ประกอบถ้ำถิ่นหิน	9
2.4.2 การหลอมและอุทกวิทยาการหลอมของถ้ำถิ่นหิน	12
2.4.3 ปัญหาของถ้ำถิ่นหินในเคาเฟาและหม้อไอน้ำ	14
2.5 การเปลี่ยนแปลงของถิ่นหินเมื่อถูกเคาเฟาใหม่	15
2.6 การประมาณอุทกวิทยาการหลอมของถ้ำถิ่นหิน	19
3 เครื่องมือและวิธีการทดลอง	29
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	29
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	29
3.3 ตัวอย่างที่ทำการศึกษา	30
3.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย	31
3.4.1 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์เบื้องต้น	31
3.4.2 การรวบรวมข้อมูลผลการวิเคราะห์อุทกวิทยาการหลอมของถ้ำถิ่นหิน และองค์ประกอบในถ้ำ	32

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	3.4.3 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการหลอมของ เต้าดำนหินและ องค์ประกอบใน เต้า	32
	3.4.4 การประมาณอุณหภูมิการหลอมของ เต้าดำนหิน.....	32
	3.4.5 การวิเคราะห์ผลและสรุปผลการวิจัย	32
4	ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	34
4.1	ผลการวิเคราะห์ด้านหิน เบื้องต้น	34
4.2	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของ เต้าดำนหิน	37
4.3	ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิการหลอมของ เต้าดำนหิน	37
4.4	ผลการประมาณอุณหภูมิการหลอมของ เต้าดำนหินจากองค์ประกอบ เต้าดำนหิน	40
4.4.1	ผลการประมาณอุณหภูมิการหลอมของ เต้าดำนหินโดยใช้ไดอะแกรม กราฟสาม เหลี่ยม	42
4.4.2	ผลการประมาณอุณหภูมิการหลอมของ เต้าดำนหินโดยใช้หลักของ สมการถดถอย เชิงซ้อน	47
4.4.3	ผลการประมาณอุณหภูมิการหลอมของ เต้าดำนหินโดยใช้สหสัมพันธ์ ทางเทอร์โมไดนามิกส์	48
5	สรุปผลการทดลองและข้อ เสนอแนะ	59
	เอกสารอ้างอิง	62
	ภาคผนวก	66
	ประวัติผู้เขียน	113

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แนวโน้มการใช้พลังงานในช่วงปี 2532-2537 (1)	1
2.1 การจำแนกชนิดด้านหินตาม ASTM D 388	4
2.2 สารประกอบแร่ธาตุที่พบในด้านหิน	7
2.3 ลักษณะของ Thermogram ที่ได้จากการวิเคราะห์แร่ด้วย DTA	11
2.4 สารประกอบแร่ธาตุที่พบใน เถ้าด้านหิน	12
2.5 ตัวแปรและผลของอุณหภูมิการหลอมที่ Winegartner และ Rhodes เสนอ	21
2.6 สมการอุณหภูมิการหลอมของ Bibby และ ผู้ร่วมงาน	23
2.7 สหสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์ของสารประกอบต่างๆ ที่ Attar และผู้ร่วมงาน เสนอ	28
4.1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของด้านหิน.....	35
4.2 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและอุณหภูมิการหลอมของ เถ้าด้านหิน.....	38
4.3 แสดงร้อยละ เบส ฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ และนอนฟลักซ์แอซิดิกออกไซด์ ของ เถ้าด้านหินตารางที่ 4.2	45
4.4 แสดงผลการประมาณค่าอุณหภูมิการหลอมของ เถ้าด้านหินโดยใช้ไดอะแกรม กราฟสามเหลี่ยม	46
4.5 แสดงผลของร้อยละ เบส แอซิดฟลักซ์แพกเตอร์ (F_A) เบสิกฟลักซ์แพกเตอร์ (F_B) จาก เถ้าด้านหินตารางที่ 4.2	49
4.6 แสดงผลการประมาณค่าอุณหภูมิการหลอมของ เถ้าด้านหินโดยใช้สมการทดลอง เชิงซ้อน	50
4.7 แสดงผลของสหสัมพันธ์ และสัมประสิทธิ์ตัวแปรของสารประกอบต่าง ๆ ที่ได้ จากสมการ (4.3)	52
4.8 แสดงผลการประมาณค่าอุณหภูมิการหลอมของ เถ้าด้านหินโดยใช้สหสัมพันธ์ทาง เทอร์โมไดนามิกส์	53
4.9 แสดงผลการประมาณค่าอุณหภูมิม้วนตัว (ST) ของ เถ้าด้านหินตารางที่ 4.2 จำนวน 24 ตัวอย่าง จากความสัมพันธ์ที่สร้างจาก เถ้าด้านหินเหมืองแม่เมาะ (กฟผ.) จำนวน 285 ตัวอย่าง	55
5.1 แสดงค่า A และค่าเฉลี่ยสัดส่วนโมลของสารประกอบออกไซด์ต่าง ๆ	60

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โมเลกุลสมมติของถ่านหิน	5
2.2 การรวมตัวของวงแหวนอะโรมาติก เมื่อสีกัดของถ่านหิน เพิ่มขึ้น	6
2.3 การเกิดถ่านหินขณะเผาไหม้ถ่านหิน	9
2.4 แสดงผลของ X-ray diffraction ถ่านหินในช่วงอุณหภูมิ 400-1550 °ซ	10
2.5 แสดงลักษณะการหลอมของโคเคน	13
2.6 ส่วนของหม้อไอน้ำและการกัดกร่อนที่เกิดขึ้น	15
2.7 ปฏิกริยาของสารประกอบแร่ธาตุในถ่านหิน เมื่อได้รับความร้อน	17
2.8 ผลความสัมพันธ์ของอุณหภูมิการหลอมกับผลรวมของร้อยละของ Fe ₂ O ₃ , CaO MgO, Na ₂ O, K ₂ O ที่ Bryers และผู้ร่วมงาน เสนอ	22
2.9 โคอะแกรมกราฟสามเหลี่ยมของ SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -Base ซึ่ง Huggin และ ผู้ร่วมงาน เสนอไว้	25
2.10 โคอะแกรมกราฟสามเหลี่ยม ซึ่ง Vincent เสนอไว้	26
3.1 ตัวอย่างโคเคนที่เตรียมขึ้น และแบบพิมพ์ (Cone mold)	30
3.2 เตาหลอมถ่านหิน (Electric furnace for fusibility of coal ash)	31
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิมอดตัวกับร้อยละของ SiO ₂ ของถ่านหิน เหมืองแม่เมาะ 285 ตัวอย่าง.....	41
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิมอดตัวกับร้อยละของ Al ₂ O ₃ ของถ่านหิน เหมืองแม่เมาะ 285 ตัวอย่าง.....	41
4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิมอดตัวกับร้อยละของ CaO ของถ่านหิน เหมืองแม่เมาะ 285 ตัวอย่าง.....	42
4.4 โคอะแกรมกราฟสามเหลี่ยมของถ่านหินเหมืองแม่เมาะ.....	44
4.5 แสดงอุณหภูมิมอดตัวที่ประมาณได้จากสมการ (4.1) และ (4.2) โดยหลักของ สมการตกตอยเชิงซ้อนเทียบกับอุณหภูมิมอดตัวจริงของถ่านหินตารางที่ 4.2 .	51
4.6 แสดงอุณหภูมิมอดตัวที่ประมาณได้จากสมการ (4.3) โดยใช้สหสัมพันธ์ทางเทอร์ โมไดนามิกส์เทียบกับอุณหภูมิมอดตัวจริงของถ่านหินตารางที่ 4.2	54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจริงกับอุณหภูมิตัว 56	56
4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิจริงทรงกลมกับอุณหภูมิตัว 57	57
4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตัวของไหลกับอุณหภูมิตัว 57	57



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย