

การพัฒนาถ่านหินอัดก้อนสำหรับหม้อไอน้ำอุตสาหกรรม



นาย วชิรา บุชยานนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

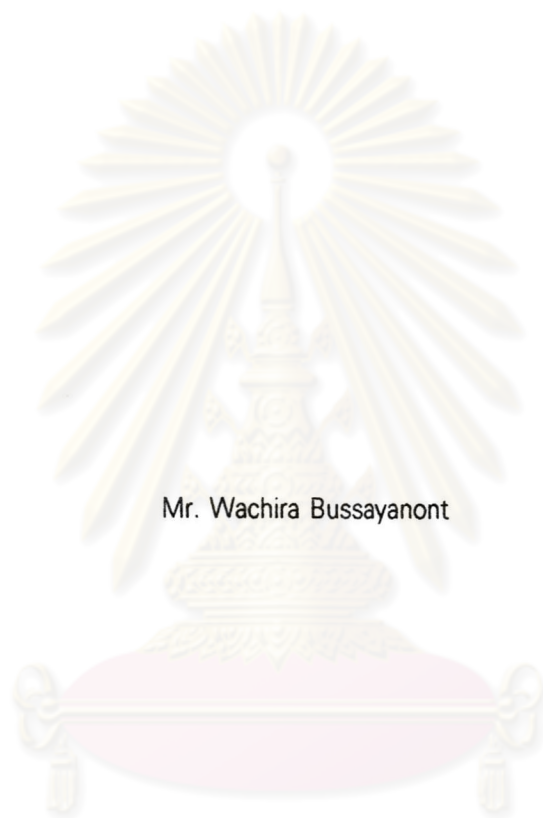
พ.ศ. 2538

ISBN 974-631-676-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

±1675634X

Development of Coal Briquettes for Industrial Boilers



Mr. Wachira Bussayanont

ศูนย์วิทยทรัพยากร

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-631-676-1

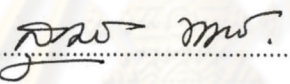


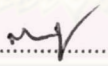
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาต้นหินอัดก้อนสำหรับหม้อไอน้ำอุตสาหกรรม
โดย นาย วชิรา บุษยานนท์
ภาควิชา เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ใสสุวรรณ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับเป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ฤงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. สุ่มธ ชวเดช)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ใสสุวรรณ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เพ็ชรพรศ ทศคร)

ศูนย์วิทยานิพนธ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วชิรา บุญยานนท์ : การพัฒนาถ่านหินอัดก้อนสำหรับหม้อไอน้ำอุตสาหกรรม

(DEVELOPMENT OF COAL BRIQUETTES FOR INDUSTRIAL BOILERS)

อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร. สมชาย ใสสุวรรณ, 102 หน้า. ISBN 974-631-676-1

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนทั้งในแง่ความแข็งแรงและประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน ตัวอย่างถ่านหินที่ใช้ในงานวิจัยเป็นถ่านหินจากเหมืองบ้านบุแหล่งแม่ทานสารประสานที่ใช้ในการทดลองคือแบลคลิคเคอร์ซึ่งเป็นของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ โดยศึกษาตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ ปริมาณร้อยละเถ้าแบบไม่รวมความชื้นของถ่านหินที่ใช้ในการอัดก้อนมีค่า 15 และ 25 ขนาดของถ่านหินที่นำมาอัดก้อนมีขนาด เล็กกว่า 1, เล็กกว่า 2, และเล็กกว่า 9.8 มม ปริมาณร้อยละสารประสานที่ใช้เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้งมีค่า 10, 12, 14 และ 16 โดยผสมปูนขาว (CaO) เพื่อกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอัตราส่วนโมล CaO:S เท่ากับ 2:1 ถ่านหินอัดก้อนถูกนำไปทดสอบความแข็งแรงหาค่าน้ำหนักที่ทำให้ถ่านหินอัดก้อนแตกด้วยวิธี compression test และหาประสิทธิภาพการใช้งานผลการทดลอง นำมาหาสภาวะที่เหมาะสมทดลองผลิตถ่านหินอัดก้อนเพื่อนำไปใช้งานในหม้อไอน้ำอุตสาหกรรม จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณร้อยละของสารประสานความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อนเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุด จากนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารประสานความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อนลดลง ขนาดของถ่านหินมีผลต่อความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อนคือถ่านหินที่มีขนาดเล็กให้ถ่านหินอัดก้อน ที่มีความแข็งแรงมากกว่าถ่านหินขนาดใหญ่ และถ่านหินอัดก้อนที่มีร้อยละเถ้า 25 มีความแข็งแรงมากกว่าถ่านหินอัดก้อนที่มีร้อยละเถ้า 15 เนื่องจากเถ้าของถ่านหินมีคุณสมบัติเป็นสารประสาน ประสิทธิภาพในการใช้งานมีค่าร้อยละ 35 - 41 เมื่อนำถ่านหินอัดก้อนไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำอุตสาหกรรมแบบท่อไฟที่มีระบบเผาไหม้แบบป้อนถ่านหินทางด้านล่าง (underfeed type boiler) ถ่านหินอัดก้อนที่ผลิตใช้ถ่านหินขนาดเล็กกว่า 9.8 มม. และปริมาณสารประสานร้อยละ 14 ทำการวัดความเข้มข้นของก๊าซ SO_x, NO_x, O₂, CO₂ ในก๊าซเผาไหม้เพื่อดูผลการปลดปล่อยซัลเฟอร์ออกสู่บรรยากาศเทียบกับการใช้งานถ่านหินปกติ จากผลการทดลองพบว่าร้อยละการปลดปล่อยมีค่าอยู่ในช่วง 31 - 55 ในขณะที่ถ่านหินปกติมีร้อยละการปลดปล่อย 75



ภาควิชา เคมีเทคนิค
 สาขาวิชา เคมีเทคนิค
 ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C425698 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: COAL / BRIQUETTE / BINDER / BOILERS

WACHIRA BUSSAYANONT : DEVELOPMENT OF COAL BRIQUETTES
FOR INDUSTRIAL BOILERS. THESIS ADVISOR : PROF. SOMCHAI
OSUWAN, Ph.D. 102 PP. ISBN 974-631-676-1

This research was concerned with the variables that affected strength of coal briquettes and combustion efficiency. Coal from Banpu mine at Maetana was used in the experiment. Black liquor, a waste product in craft process, was used as binder. The studied variables that affected coal briquette quality were quantity of ash (moisture free basis) in coal, 15 and 25% , particle size of coal fines (< 1 mm., < 2 mm., < 9.8 mm.) , and amount of binder added. Lime was added to reduce the production of sulphur oxide from combustion using the suitable mole ratio of $CaO:S = 2:1$. The strength of coal briquettes was tested by compression test method. Combustion characteristics were compared with wood charcoals. Result of experiment was analyzed to find suitable condition for mass production. From experiment, the strength of coal briquettes produced from small coal particles was greater than the strength produced from larger coal particles. The strength of coal briquettes increased when the amount of binder was increased until maximum point after which the strength decreased with increasing amounts of binder. The strength of high ash content coal briquettes was greater than the smaller one, because ash had its own binding properties. Combustion performance test of coal briquettes was done in a conventional bucket type stove using wood charcoals as reference fuel. It was found that efficiencies were in the range of 35 to 41%. Coal briquettes were used as fuel in underfeed type fire tube boiler. Coal briquettes were produced from coal particle size smaller than 9.8 mm. with 14% binder. The emissions of sulphur during combustion of normal coal and coal briquettes were observed by measuring concentration of SO_x , NO_x , CO_2 , O_2 in flue gas. The results of experiment showed that emission of sulphur were in the range of 31 - 55% while normal coal was 75%.

ภาควิชา.....เคมีเทคนิค

สาขาวิชา.....เคมีเทคนิค

ปีการศึกษา.....2537

ลายมือชื่อนิสิต.....*Bussayanont*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*mf*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สมชาย โสสุวรรณ และ รองศาสตราจารย์
กัญญา บุญเกียรติ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี
รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้ให้คำแนะนำ

ขอขอบพระคุณบริษัท เหมืองบ้านปู จำกัด ที่กรุณาอนุเคราะห์ให้ตัวอย่างถ่านหิน เพื่อ
ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณบริษัท ราชบุรีอาหารสัตว์จำกัด ที่กรุณาอนุเคราะห์หม้อไอน้ำ
ในการทำการทดลอง ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณบุคลากรในภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้
ห้องปฏิบัติการงานวิจัยสำเร็จลงด้วยดี ขอขอบคุณ คุณสังข์ ชมชื่น ที่ช่วยเหลือซ่อมสร้าง
เครื่องมือบางส่วนที่ใช้ในงานวิจัย ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิคและผู้
ที่อยู่เบื้องหลังทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ ความ
ช่วยเหลือและให้การสนับสนุนเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญรูป	ฐ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 วารสารปริทัศน์	3
ถ่านหิน และกำเนิดถ่านหิน	3
ชนิด และคุณสมบัติของถ่านหิน	3
โครงสร้าง และองค์ประกอบของถ่านหิน	5
1. โครงสร้างอินทรีย์ (Organic structure)	7
2. สารประกอบแร่ธาตุ (Mineral matter)	8
กำมะถันในถ่านหิน	11
การอัดก้อน	11
1. กระบวนการผลิตถ่านหินอัดก้อน	13
2. คุณภาพของถ่านหินอัดก้อน	16
3. คุณสมบัติของถ่านหินอัดก้อน	20
ตัวประสาน	21
การกำจัดซัลเฟอร์ในถ่านหิน	24
ระบบการสันดาปถ่านหิน	27
เตาเผาแบบสโตคเกอร์	27
ระบบ fixed bed combustion	28
1. ระบบการป้อนทางด้านล่าง.....	29

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
หม้อไอน้ำ	29
ประเภทของหม้อไอน้ำ	32
1. หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ	32
2. หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ	33
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
3 เครื่องมือ และวิธีการทดลอง	40
วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	40
เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	40
ตัวแปรที่ทำการศึกษา	42
ขั้นตอน และวิธีทำการทดลอง	49
4 ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง	55
ผลการทดลองตอนที่ 1 (หาสภาวะที่เหมาะสมในการอัดก้อนถ่านหิน)	55
1. ผลการวิเคราะห์ถ่านหินเบื้องต้น	55
2. ผลการทดลองอัดก้อนถ่านหิน และทดสอบคุณภาพของ ถ่านหินอัดก้อน	60
1 ผลการทดลองอัดก้อน และการตากแห้งก่อนนำมาใช้งาน	60
2 ผลการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน ...	63
3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านหินอัดก้อน ..	67
ผลการทดลองตอนที่ 2 (ผลิตถ่านหินอัดก้อนเพื่อนำไปใช้ในหม้อไอน้ำ อุตสาหกรรม)	72
5 สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ	84
เอกสารอ้างอิง	87
ภาคผนวก	91
ประวัติผู้เขียน	102

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การแบ่งถ่านหินตามศักดิ์ โดยวิธี ASTM D388-91a	6
2.2 อัตราส่วนโดยน้ำหนักอะตอมของธาตุในถ่านหินศักดิ์ต่างๆ	8
2.3 สารประกอบแร่ธาตุที่พบในถ่านหิน	10
2.4 ผลของความชื้นในการอัดก้อนถ่านหินลิกไนท์ตามการทดลองของ Fristche	12
2.5 องค์ประกอบของซัลไฟฟอสเฟตเคอร์	23
2.6 คุณสมบัติของซัลไฟฟอสเฟตเคอร์เข้มข้น	24
2.7 สภาพที่เหมาะสมในการอัดก้อนถ่านหิน	39
4.1 ผลการวิเคราะห์ถ่านหินจากเหมืองบ้านปู	56
4.2 ผลการวิเคราะห์ขนาดของถ่านหินจากเหมืองบ้านปูที่บดผ่าน แยมเมอร์มิลที่มีตะแกรง ขนาด 9.8 มิลลิเมตร 1 ครั้ง	57
4.3 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของตัวอย่างถ่านหินที่ใช้ในการทดลอง	57
4.4 ผลการวิเคราะห์ขนาดของตัวอย่างถ่านหินที่ใช้ในการศึกษาซึ่งบดผ่านแยมเมอร์มิลที่มี ตะแกรงขนาด 9.8 มิลลิเมตร 1 ครั้ง	58
4.5 ผลการวิเคราะห์ขนาดของตัวอย่างถ่านหินขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร	59
4.6 ผลการวิเคราะห์ขนาดของตัวอย่างถ่านหินที่มีขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร	59
4.7 ผลการวิเคราะห์แบบคลิเคอร์	60
4.8 ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ขนาดของถ่านหินต่างๆกัน และ ปริมาณร้อยละแบบคลิเคอร์ต่างๆ กัน	62
4.9 ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ปริมาณแบบคลิเคอร์ต่างๆ กัน ขนาดของตัวอย่างถ่านหินที่ใช้คือขนาดรวมๆ ที่บดผ่านแยมเมอร์มิลที่มีตะแกรง ขนาด 9.8 มิลลิเมตร 1 ครั้ง	63
4.10 ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านหินอัดก้อนในเตาอั้งโล่ ของถ่านหินอัดก้อน A15 ..	68
4.11 ประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านหินอัดก้อนในเตาอั้งโล่ ของถ่านหินอัดก้อน A25 ..	69
4.12 ประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงแข็งประเภทต่างๆ	70
4.13 ผลการวิเคราะห์ถ่านหินจากเหมืองบ้านปู	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.14 ผลการวิเคราะห์ขนาดของถ่านหินจากเหมืองบ้านปู	73
4.15 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของตัวอย่างถ่านหินที่ใช้ในการทดลอง	74
4.16 ผลการวิเคราะห์ขนาดตัวอย่างถ่านหินที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งบดผ่านแอมเมอร์มิล ที่มีตะแกรงขนาด 9.8 มิลลิเมตร 1 ครั้ง	74
4.17 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านหินอัดก้อนที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงใน หม้อไอน้ำอุตสาหกรรม	76
4.18 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณของถ่านหินบริษัทเหมืองบ้านปูจากแหล่งแม่ทาน	77
4.19 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซต่างๆ ในแอสติกก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหินปกติ และถ่านหินอัดก้อน	80
4.20 ร้อยละการปลดปล่อยซัลเฟอร์ออกซัลฟิวไรด์ของถ่านหินปกติ และถ่านหินอัดก้อน	82

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โมเลกุลสมมติของถ่านหิน	7
2.2 การรวมตัวของวงแหวนอโรมาติกเมื่อศักดิ์ของถ่านหินเพิ่มขึ้น	9
2.3 กระบวนการผลิตถ่านหินอัดก้อนโดยใช้ตัวประสาน	14
2.4 couffinhal briquetting press	17
2.5 roll - press หรือ Belgian press	18
2.6 ระบบป้อนถ่านหินแบบ slide funnel ของเครื่องอัดก้อนถ่านหินแบบดับเบิลโรล	18
2.7 เครื่องอัดก้อนระบบลูกกลิ้งคงตัว และระบบไฮดรอลิค	19
2.8 ระบบป้อนถ่านหินแบบเกลียวของเครื่องอัดก้อนแบบดับเบิลโรล	19
2.9 รูปร่างของถ่านหินอัดก้อนแบบต่างๆ	21
2.10 ระบบการป้อนถ่านหินแบบแรงงานคน และระบบอัดโน้มัต	28
2.11 เตาเผาประเภทป้อนทางด้านล่าง	30
2.12 ชั้นของการเผาไหม้ประเภทต่างๆ ในเตาเผาประเภทป้อนทางด้านล่าง	30
2.13 หลักการของหม้อไอน้ำ	31
2.14 การเปรียบเทียบหลักการของหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ และท่อไฟ	32
2.15 หม้อไอน้ำแบบท่อไฟ ชนิด Scotch Boiler	33
2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างศักดิ์ถ่านหินกับความแข็งแรง (hardness) ของถ่านหิน และ ความแข็งแรง (strength) ของถ่านหิน	37
3.1 เครื่องบดถ่านหินแฮมเมอร์มิล (hammer mill)	43
3.2 เครื่องบดถ่านหินครอสบิทเทอร์มิล	43
3.3 ตะแกรงร่อนสำหรับเครื่องบดถ่านหินครอสบิทเทอร์มิลขนาด 1 มม., 2 มม., 0.25 มม.	44
3.4 เครื่องผสม	44
3.5 เครื่องอัดก้อนแบบดับเบิลโรล	45
3.6 วงล้อของเครื่องอัดก้อนแบบดับเบิลโรล.....	45
3.7 เครื่องออโตกราฟ	46
3.8 เครื่องผสมถ่านหินแบบไม่	46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 เครื่องอัดก้อนถ่านหินแบบดับเบิลโรล	47
3.10 เครื่องวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจน	47
3.11 เครื่องมือวัดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (landcom 2000)	48
3.12 เครื่องมือวัดอุณหภูมิของเปลวไฟ (pyrometer แบบ total radiation)	48
3.13 การทดสอบความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อน	51
3.14 หม้อไอน้ำอุตสาหกรรม	51
4.1 รูปร่างของถ่านหินอัดก้อน	61
4.2 ค่าน้ำหนักที่ทำให้ถ่านหินอัดก้อนแตกของตัวอย่างถ่านหิน A15 ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ	65
4.3 ค่าน้ำหนักที่ทำให้ถ่านหินอัดก้อนแตกของตัวอย่างถ่านหิน A25 ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ	65
4.4 ผลการทดลองของ Saglam และคณะ	66
4.5 ค่าความเข้มข้นของก๊าซต่างๆ ในแอสติกก๊าซของถ่านหินปกติ	78
4.6 ค่าความเข้มข้นของก๊าซต่างๆ ในแอสติกก๊าซของถ่านหินอัดก้อน A15C11	78
4.7 ค่าความเข้มข้นของก๊าซต่างๆ ในแอสติกก๊าซของถ่านหินอัดก้อน A15C21	79
4.8 ค่าความเข้มข้นของก๊าซต่างๆ ในแอสติกก๊าซของถ่านหินอัดก้อน A25C11	79
4.9 ลักษณะเปลวไฟของการเผาไหม้ของถ่านหินปกติในหม้อไอน้ำอุตสาหกรรม	81
4.10 ลักษณะเปลวไฟของการเผาไหม้ของถ่านหินอัดก้อนในหม้อไอน้ำอุตสาหกรรม	81