การปรับปรุงประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาอิฐมอญ

Thermal Efficiency Improvement of Clay Brick Kiln

อนุสรณ์ รัตนะธนโอภาส[1] จิระพันธุ์ เนื่องจากนิล[2] วิทยา ภูมิสามพราน[3] ศันสนีย์ แสนศิริพันธ์[4]
[1, 2, 3]สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
โทร: 0-2470-7452 E-mail: anusornpdti@gmail.com, chirapannue@gmail.com, lab_ces@yahoo.com
[4]สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
เลขที่ 1 ถนนอู่ทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
โทร: 0-8158-14482 E-mail: sstheearth@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อนของเตาเผาอิฐขนาดความจุ 200,000 - 300,000 ก้อน โดยลดการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตา และวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผาอิฐทั้ง 2 แบบ คือ เตาเผาอิฐแบบเดิมที่ใช้ผนังสังกะสีล้อมกรอบ เปรียบเทียบกับเตาเผาอิฐที่ปรับปรุง ผนังเตาอิฐที่ปรับปรุงทำจากเหล็กแผ่นหนา 1.2 มม. ติดตั้งฉนวนใยแก้วทนไฟหนา 5 ซม. ไว้ภายในผนังเตา และออกแบบให้มีบังใบด้านข้างขนาด 10 ซม. เพื่อป้องกันอันตรายเปลวไฟและลดการสูญเสียความร้อนผ่านช่องว่างระหว่างผนังเตา ผลการทดสอบพบว่าเตาเผาอิฐที่ปรับปรุงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนมากกว่าเตาเผาอิฐแบบดั้งเดิม โดยเตาที่ปรับปรุงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 45.9% เป็น 53.3% สามารถลดปริมาณการใช้แกลบเมื่อเปรียบเทียบกับเตาเผาแบบเดิมลงได้ 31.7 ตันต่อปี ใช้เงินลงทุนในการปรับปรุงเตา 72,000 บาท สามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 11 เดือน และมีอายุการใช้งานมากกว่า 3 ปี

คำสำคัญ: แกลบ เตาเผาอิฐ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

Abstract

The aim of this work was to improve the thermal efficiency via reduction the heat loss through the brick kiln wall. A brick capacity of approximately 200,000-300,000 pieces. The thermal efficiency of improved brick kiln was also compared with that of the traditional kiln. The wall of traditional kiln was cladding with galvanized sheet while the wall of improved brick kiln was made from steel sheet with the thickness of 1.2 mm. The improved brick kiln was insulated with 5 cm thickness of glass wool. In addition, the kiln was also improved by adding with the overlap sheet of 10 cm, which was designed to prevent flame and reduce the heat loss through the gap between kiln walls. The results showed that the improved brick kiln had more the thermal efficiency than the traditional kiln. The thermal efficiency of improved brick kiln was increased of 45.9% to 53.3%. It was also found that the improved brick kiln reduced the quantity of rice husk fuel was about 31.7 tons per year. The cost of kiln improvement was 72,000 THB and the payback period of 11 months. Moreover, it had useful life more than 3 years.

Keywords: Rick Husk, Brick Kiln, Thermal Efficiency

1. บทนำ

ผู้ประกอบกิจการผลิตอิฐมอญซึ่งกระจายตัวในเขตภาคกลาง ได้แก่ ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง มีเทคโนโลยีการเผาอิฐแบบสุมกอง โดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในการเผาแต่ละครั้งจะใช้แกลบประมาณ 12 ตันต่อการเผาอิฐประมาณ 2 แสนก้อน คิดเป็นต้นทุนค่าพลังงานร้อยละ 30 [1] โดยลักษณะของเตาเผาประกอบขึ้นจากผนังเตาสังกะสีแผ่นล้อมกรอบมีการสูญเสียความร้อนผ่านผนังในปริมาณมาก และในการเผาก่อให้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศ ได้แก่ เขม่าควัน ฝุ่น ส่งผลกระทบต่อชุมชนที่มีโรงงานตั้งอยู่

จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีความประสงค์จะปรับปรุงการเผาอิฐมอญให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ ช่วยลดต้นทุนการผลิตให้กับผู้ประกอบการ เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันได้ ทั้งยังช่วยสนับสนุนการใช้พลังงานจากชีวมวล ซึ่งจะทำให้อุตสาหกรรมการเผาอิฐมอญไม่ต้องปรับเปลี่ยนไปใช้พลังงานจากก๊าซหุงต้ม ดังเช่นอุตสาหกรรมการเผาอิฐประเภทอื่นๆ ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาการใช้พลังงานและเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเผาอิฐแบบสุมกองโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง

2.2 ปรับปรุงพร้อมจัดทำเตาเผาอิฐต้นแบบให้สามารถประหยัดพลังงานได้อย่างน้อยร้อยละ 20 เทียบกับการเผาแบบสุมกอง

2.3 เผยแพร่ให้ความรู้เกี่ยวกับเตาเผาอิฐประสิทธิภาพสูงกับกลุ่มอุตสาหกรรมเผาอิฐในพื้นที่

3. แนวคิดและทฤษฎี

ในการทดลองได้ศึกษา สมดุลความร้อนของเตาเผาอิฐ และหาระยะเวลาคืนทุน ดังแสดงในสมการถ่ายเทความร้อน [2] ได้ดังนี้

3.1 ปริมาณความร้อนของเชื้อเพลิงแกลบ (Heat Input)

$$Q = m.LHV \quad (1)$$

3.2 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังเตา (Surface Loss)

3.2.1 การสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตาจากการพาความร้อน (Convection Loss)

$$Q = hA\,(T_s - T_a) \quad (2)$$

3.2.2 การสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตาจากการแผ่รังสีความร้อน (Radiation Loss)

$$Q = \varepsilon\sigma A(T_s^4 - T_a^4) \quad (3)$$

3.3 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปกับขี้เถ้าแกลบ (Ash Loss)

$$Q = mC_p\Delta T \quad (4)$$

3.4 ปริมาณความร้อนที่อิฐได้รับ (Heat to Load)

3.4.1 ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ

$$Q = mh_{fg} \quad (5)$$

3.4.2 ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนโครงสร้างอิฐ

$$Q = mC_p\Delta T \quad (6)$$

3.5 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากไอเสีย (Flue gas Loss)

$$\text{Flue gas Loss} = \text{Heat Input} - \text{Surface Loss} - \text{Ash Loss} - \text{Heat to Load} \quad (7)$$

อักษรย่อและสัญลักษณ์

LHV	=	ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (kJ/kg)
T_a	=	อุณหภูมิอากาศ (°C)
T_s	=	อุณหภูมิผนัง (°C)
ε	=	สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีที่ผิวผนัง
σ	=	ค่าคงที่ Stefan-Boltzmann ($W/m^2.K^4$)
A	=	พื้นที่ผนัง (ตารางเมตร)
m	=	มวล (kg)
C_p	=	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg.K)
ΔT	=	ผลต่างของอุณหภูมิ (°K)
h_{fg}	=	ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำในวัสดุ, (kJ/kg)

3.6 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ [3]

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method) คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิสะสมจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับเงินลงทุน

ระยะเวลาคืนทุน = เงินสดลงทุนสุทธิ/ ต้นทุนที่ประหยัดได้ต่อปี (8)

4. วิธีดำเนินงาน

ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

4.1 เตรียมเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบได้แก่ เครื่องเก็บข้อมูล คอมพิวเตอร์ สาย Thermocouple type K พร้อมหัววัดอุณหภูมิ เครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสและเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

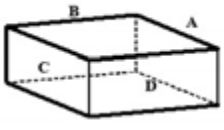
4.2 ก่อเรียงอิฐดิบขนาดเล็ก (2.5 × 5.3 × 14.0 เซนติเมตร) ที่ถูกผึ่งให้แห้งจนเหลือความชื้นประมาณ 10-15% [4] จำนวน 231,000 ก้อน น้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อนเท่ากับ 0.319 กิโลกรัม โดยวางอิฐดิบสลับกันให้สูง 1.8 เมตร ด้านล่างเปิดช่องไว้สำหรับให้ความร้อนผ่านเข้าไปได้ทั่วถึง และเว้นช่องระยะห่างระหว่างแถวไว้ 0.2 เมตร

4.3 ประกอบผนังเตาเผาอิฐขนาด 2.4 ×1.9×0.05 เมตร จำนวน 10 แผง โดยการล้อมเป็นกำแพงด้วยแผ่นเหล็กหรือสังกะสี

4.4 เตรียมแกลบความชื้น 12.3 % สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนแก่ก้อนอิฐ โดยเทแกลบลงไปในช่องที่เว้นระยะไว้ระหว่างแนวอิฐที่ก่อไว้ สุมแกลบให้ทั่วด้านบนของกองอิฐ

4.5 จุดไฟให้แกลบไหม้จากด้านล่างและลามไปทั่วกอง เมื่อแกลบไหม้และยุบตัวลง จึงขึ้นไปเติมแกลบให้ได้ระดับเสมอ และใช้แท่งเหล็กกระทุ้งแกลบตามแนวอิฐที่เว้นไว้ เพื่อเติมเชื้อเพลิงแกลบลงในช่องว่างให้ความร้อนแผ่กระจายอย่างทั่วถึงและต่อเนื่อง

4.6 ทำการตรวจวัดอุณหภูมิผิวเฉลี่ยของผนังเตาแต่ละด้าน (รวมทั้งหมด 4 ด้าน ด้าน A-D ดังภาพที่ 1) โดยการแบ่งพื้นที่ผนังเป็นส่วนๆ ละ 0.9 ตารางเมตร และวัดอุณหภูมิกลางจุดทุก 3 ชั่วโมง จากนั้นนำข้อมูลมาเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก



ภาพที่ 1 ด้านของผนังเตาที่ทำการทดสอบ

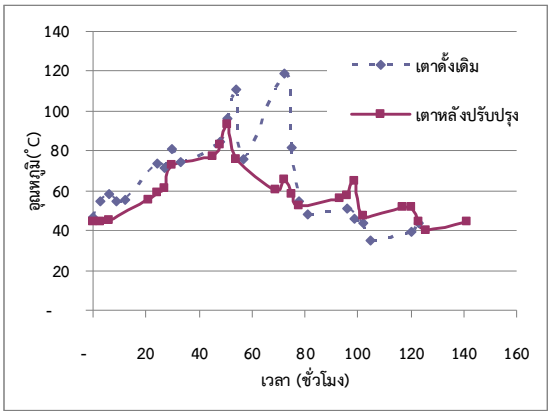
4.7 ทำการเผาอย่างต่อเนื่องโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 125 ชั่วโมง จากนั้นปล่อยให้ไฟดับเองแล้วรื้อผนังออก

4.8 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

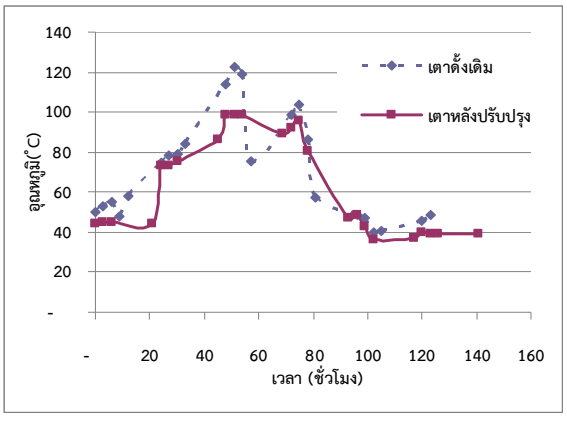
5. ผลการศึกษา/การทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานในเตาเผาอิฐแบบสุมกอง ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง มีกำลังผลิต 231,000ก้อน โดยทำการทดสอบกับอิฐดินเผาขนาดเล็ก (2.5 × 5.3×14.0 เซนติเมตร) น้ำหนัก

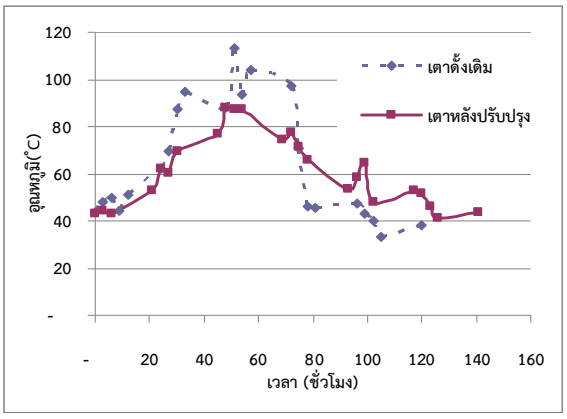
เฉลี่ยต่อก้อนเท่ากับ 0.319 กิโลกรัม หลังจากนำเข้าเตาเผาเป็นระยะเวลา 7 วัน จะได้ผลิตภัณฑ์อิฐสุกมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อนเท่ากับ 0.259 กิโลกรัม คิดเป็นปริมาณน้ำที่ระเหยจากกระบวนการเผา 0.06 กิโลกรัมต่อก้อน ซึ่งผลการศึกษาอุณหภูมิผิวผนังเตาแสดงดังภาพที่ 2 พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวผนังเตาแบบดั้งเดิมทั้ง 4 ด้าน (A-D) อยู่ในช่วงระหว่าง 38–143 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิผนังเตาสูงสุดเกิดขึ้นในชั่วโมงที่ 51 ของกระบวนการเผาอิฐ ขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยของผนังเตาหลังการปรับปรุงจะอยู่ในช่วง 39-98 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิผนังเตาสูงสุดเกิดขึ้นในชั่วโมงที่ 51 เช่นกัน ดังนั้นการสูญเสียความร้อนผ่านผนังทั้งการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนของเตาหลังการปรับปรุงจึงมีค่าลดลง



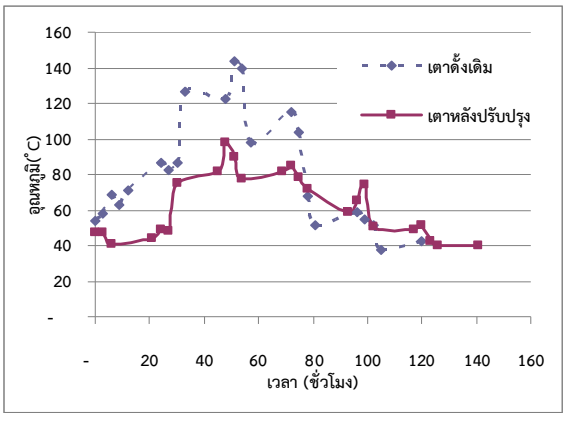
(ก)



(ข)



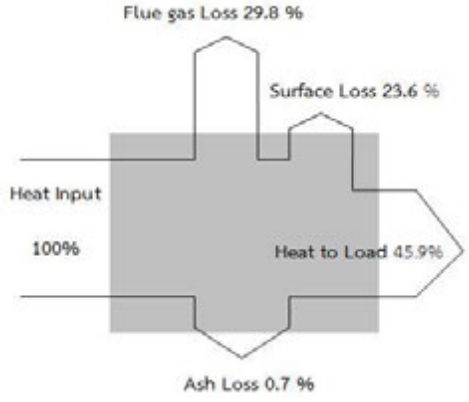
(ค)



(ง)

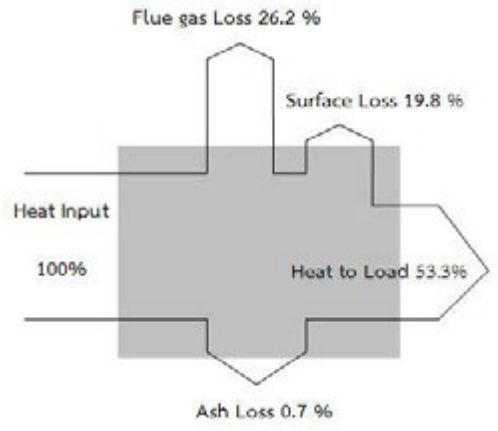
ภาพที่ 2 อุณหภูมิผนังเตา (ก) ด้าน A (ข) ด้าน B (ค) ด้าน C และ (ง) ด้าน D

ผลการวิเคราะห์สมดุลความร้อนของเตาเผาอิฐแบบสุมกองประกอบด้วยค่าความร้อนจากการเผาเชื้อเพลิงแกลบ ความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสีย ความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังเตาสู่ภายนอกโดยการพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ความร้อนที่สูญเสียไปกับขี้เถ้าและความร้อนที่ผลิตภัณฑ์ได้รับ ดังภาพที่ 3 พบว่ากระบวนการเผาอิฐแบบสุมกองซึ่งเป็นการเผาในระบบเปิด ค่าความร้อนส่วนใหญ่จะสูญเสียไปกับไอเสีย และสูญเสียผ่านผนังสังกะสีจากการพาความร้อนและการแผ่รังสีออกสู่บรรยากาศเป็นสำคัญ



ภาพที่ 3 สมดุลพลังงานของเตาเผาอิฐดั้งเดิม

หลังการปรับปรุงประสิทธิภาพเตาเผาอิฐ โดยการติดตั้งฉนวนใยแก้วในผนังเตา พบว่าฉนวนสามารถลดการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตาและไอเสียลงได้ ดังภาพที่ 4 จึงส่งผลให้ความร้อนที่ผลิตภัณฑ์ได้รับเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4 สมดุลพลังงานของเตาเผาอิฐหลังปรับปรุง

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์จะคิดจาก (Payback Period Method) เนื่องจากมีความสะดวกในการคำนวณ และผู้ประกอบการสามารถเข้าใจได้ง่ายหากต้องตัดสินใจที่จะลงทุน ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 1

ตาราง 1 ผลวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

รายการ	เตาเผาอิฐ หลังการปรับปรุง	เตาเผาอิฐ แบบเดิม	หน่วย
เงินลงทุน	72,000	10,200	บาท
อายุการใช้งานของเตา	3	0.3	ปี
ปริมาณแกลบที่ใช้	256	288	ตัน/ปี
มูลค่าแกลบที่ประหยัดได้	63,360	-	บาท/ปี
ค่าซ่อมบำรุงที่ประหยัดได้	15,300	-	บาท/ปี
รวมผลประหยัด	78,660	-	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	11	-	เดือน

6. สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 จากการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผาอิฐ โดยทำการติดตั้งฉนวนใยแก้วไว้ภายในผนังเตา ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผาอิฐหลังการปรับปรุงสูงขึ้น ผนังเตาประกอบขึ้นจากเหล็กแผ่นซึ่งมีความแข็งแรงทนทาน อายุการใช้งานยาวนานขึ้น

6.2 สรุปผลการส่งเสริมการใช้เตาเผาอิฐที่ทำการปรับปรุงแล้วให้กับผู้ประกอบการ ตำบลพระขาว อำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าผู้ประกอบการมีความพึงพอใจในผลประหยัดและสามารถนำไปใช้งานทดแทนเตาเผาแบบเดิมได้จริง

6.3 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานของเตาเผาแบบดั้งเดิมกับเตาเผาหลังการปรับปรุง พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผาก่อนปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 45.9% และหลังจากทำการปรับปรุง ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 53.3 % ซึ่งสามารถลดปริมาณการใช้แกลบเมื่อเปรียบเทียบกับเตาเผาแบบเดิมได้ 31.7 ตันต่อปี หรือคิดเป็นผลประหยัดแกลบ 19.1%

6.4 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period Method) พบว่าการปรับปรุงเตาเผาอิฐใช้เงินลงทุน 72,000บาท ให้ผลประหยัดจากค่าเชื้อเพลิงแกลบและค่าบำรุงรักษาที่ลดลงรวม 78,660 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 11 เดือน

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักวิชาการพลังงานภาค 1 ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการดำเนินงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

8. การอ้างอิง

[1] S. Prasertsan, “Preliminary Study on Brick Making Industry in ASEN Countries”, Final report submitted to NRCT, Bangkok, Thailand. 1995.

[2] J.P. Holman, “Heat Transfer” (8th ed). New York: McGraw-Hill, INC 1997.

[3] “เครื่องมือในการประเมินโครงการ", [Online]. Available: http://www2.dede.go.th/webpage/tools.htm , 24 มีนาคม 2556.

[4] E. Rowden, “the Firing of Bricks”, British Research Association, Brick Development Association Limited, Thomas Forman&Sons Ltd., Nottingham, 1964.