

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยอลูมิเนียมเป็นส่วนผสมในอิฐทนไฟ

Feasibility Study of Aluminum Dross as Alloying Component of Refractory Brick

ปราโมทย์ พูนนาค * ไพบุลย์ แยมเื่อน ศาตราชัย เตียะตาช้าง เจษฎา แก้ววิจิต และกิตติพงษ์ กิมะพงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนนรังสิต – นครนายก ตำบลคลองหก
อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 E-mail: Pramote.p@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาเถ้าลอยอลูมิเนียมมาใช้เป็นส่วนประกอบของอิฐทนไฟ และศึกษาอิทธิพลของเถ้าลอยอลูมิเนียมที่มีผลต่อสมบัติของอิฐทนไฟ ผลการทดลองโดยสรุปมีดังนี้ สถานะการทดลองที่ให้สมบัติทางกายภาพและทางกลดีที่สุด คือ อิฐทนไฟที่มีขนาดเมชเถ้าลอยอลูมิเนียม 50 ใน อัตราส่วนผสม 20:80 อัดขึ้นรูปด้วยแรงดัน 300 kg/cm² เผาที่อุณหภูมิ 1,200 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยแสดงค่าผลการทดสอบสมบัติ คือ ความหนาแน่น 1.97 kg/cm³ ค่าความพรุนปรากฏ 18% ค่าการดูดซึมน้ำ 18% และค่ากำลังต้านแรงบีบอัดเมื่อเย็น 38 MPa เปรียบเทียบกับมาตรฐานของอิฐทนไฟอลูมินาสูง KB-50 พบว่าอิฐทนไฟที่ประกอบด้วยเถ้าลอยอลูมิเนียมมีสมบัติต่างๆต่ำกว่ามาตรฐานของอิฐทนไฟอลูมินาสูง KB-50

คำสำคัญ: อิฐทนไฟ เถ้าลอยอลูมิเนียม อลูมินา ซิลิกา เหล็กออกไซด์

Abstract

This research aimed to study the feasibility of aluminum dross as alloying component of refractory brick and the effect of aluminum dross quantity on refractory brick properties. The experimental results were as follows: the optimal parameter in this research was the brick formed by the mesh no. 50, the composition ratio of 20:80, the formation pressure of 300 kg/cm², and the heating temperature of 1,200 °C for 1 hr. The physical properties of the optimum process consisted of the density of 1.97 g/cm³, the apparent porosity of 18%, the water absorption of 18% and the cold compressive strength of 38 MPa. However, comparison between the tested properties and the KB-50 refractory brick standard showed that all of the tested properties were lowered than that of the KB-50 refractory brick standard.

Keywords: refractory brick, aluminum dross, alumina, silica, iron oxide

1. บทนำ

อิฐทนไฟมีการใช้งานอย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมที่มีความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น เตาหลอมโลหะในอุตสาหกรรมเหล็ก เตาเผาผลิตปูนซีเมนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและอุตสาหกรรมอื่นๆ การใช้อิฐทนไฟส่วนใหญ่ใช้ในงานก่อสร้างเตาเผาชนิดต่างๆ รูปลักษณะและขนาดของอิฐจึงมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน (สาริโรจน์ ขาวดี, 2544) วัสดุที่ใช้ทำมักประกอบด้วย ดินทนไฟ (Fire Clay) ดินเหนียว (Plastic Clay) ดินขาว (White Clay) หรือดินเกาลิน (Kaolin) และวัสดุอื่นๆ ตามแต่ละชนิดและการนำไปใช้งาน ซึ่งอิฐทนไฟสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ คือ อิฐทนไฟไฟล์เคลย์ (Fri Clay Brick) อิฐทนไฟอลูมินาสูง (High Alumina Brick) อิฐทนไฟเชิงด่าง (Basic Brick) และอิฐทนไฟฉนวน (Insulator Brick) (สาริโรจน์ ขาวดี, 2544; Clancy และ Benson, 1989) โดยหากพิจารณาส่วนผสมหลักแล้ว ส่วนผสมของอิฐทนไฟประกอบไปด้วย อลูมินา ซิลิกา และเหล็กออกไซด์ (เชษฐ เอี่ยมจิตกุล, 2537 และ ปรีดา พิมพ์ขาว, 2539)

ในอุตสาหกรรมที่มีการนำเอาอิฐทนไฟไปใช้งาน เช่น อุตสาหกรรมงานหล่อ มีของเสียที่เกิดจากการกระบวนการหล่อที่น่าสนใจ คือ ขี้ตะกรันอลูมิเนียม (Aluminum Dross) หรือเถ้าลอยอลูมิเนียมซึ่งเป็นของเสียจากการหล่อ และเป็นของเสียที่มีปริมาณสูงเพิ่มขึ้นตลอดเวลา การกำจัดเถ้าลอยอลูมิเนียมในปัจจุบันใช้การฝังกลบเป็นส่วนใหญ่ โดยการขนส่งไปยังจุดฝังกลบทำให้เกิดรายจ่ายเพิ่มขึ้นตามมา คือ ค่าแรงงาน ค่าขนพาหนะ และค่าเชื้อเพลิงเป็นต้น

ด้วยเหตุนี้ในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดและสมมติฐานในการนำเอาเถ้าลอยอลูมิเนียมมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐทนไฟและทำการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการผลิตอิฐทนไฟเพื่อให้

ได้ตัวแปรที่เหมาะสมเพื่อเป็นการเตรียมข้อมูลพื้นฐานเพื่อประยุกต์ใช้ในอนาคตต่อไป นอกจากนั้นอาจทำให้เกิดการลดต้นทุนของวัตถุดิบลงได้

2. วัตถุประสงค์

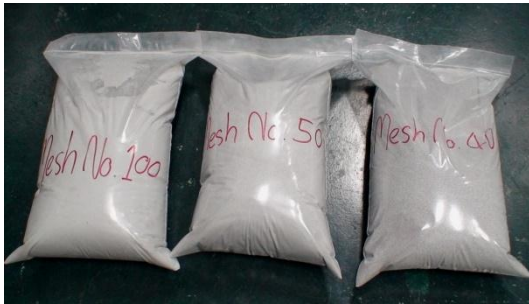
1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยอลูมิเนียมเป็นส่วนผสมในอิฐทนไฟ
2. ศึกษาส่วนผสมและอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการผลิตอิฐทนไฟของเถ้าลอยอลูมิเนียมที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล

3. อุปกรณ์และวิธีการ

เถ้าลอยอลูมิเนียมที่นำมาทำการศึกษาได้จากโรงหล่ออลูมิเนียมแห่งหนึ่ง ในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา นำมาทำการคัดขนาดด้วยตะแกรงร่อน ดังแสดงในรูปที่ 1 มีขนาดเมชเฉลี่ย No. 40, 50 และ 100 เบื้องต้นในการทดลองนี้เลือกใช้ขนาดเมช 50 จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงเพื่อทำการไล่ความชื้นออกเพื่อไม่ให้ผงของเถ้าลอยอลูมิเนียมเกาะกันเป็นก้อน ก่อนที่จะนำไปผสมในสัดส่วนต่างๆ



รูปที่ 1 เครื่องทดสอบหาการกระจายตัว



รูปที่ 2 เถ้าลอยอลูมิเนียมที่คัดแยกขนาดของอนุภาค

ส่วนผสมของอิฐทนไฟในการทดลองนี้ ประกอบด้วยเถ้าลอยอลูมินา และส่วนผสมของอิฐทนอื่นๆ ที่ประกอบไปด้วยอลูมินา (Al_2O_3) (Bra, 1998) ร้อยละ 52 ซิลิกา (Si_2O_3) ร้อยละ 46 เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540) ร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก การทดลองนี้ได้ออกแบบส่วนผสมเป็น 5 ตัวอย่าง ดังนี้

- สัดส่วน B1 ประกอบด้วยเถ้าลอยอลูมิเนียมร้อยละ 100 และส่วนผสมอื่นๆ ร้อยละ 0
- สัดส่วน B2 ประกอบด้วยเถ้าลอยอลูมิเนียมร้อยละ 80 และส่วนผสมอื่นๆ ร้อยละ 20
- สัดส่วน B3 ประกอบด้วยเถ้าลอยอลูมิเนียมร้อยละ 60 และส่วนผสมอื่นๆ ร้อยละ 40
- สัดส่วน B4 ประกอบด้วยเถ้าลอยอลูมิเนียมร้อยละ 40 และส่วนผสมอื่นๆ ร้อยละ 60
- สัดส่วน B5 ประกอบด้วยเถ้าลอยอลูมิเนียมร้อยละ 20 และส่วนผสมอื่นๆ ร้อยละ 80

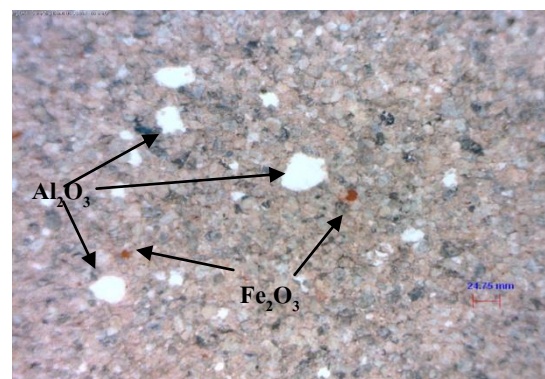
ส่วนผสมที่กำหนดถูกผสมเข้าด้วยกันด้วยวิธีการทางกล และไปทำการผสมในสัดส่วนต่างๆ คลุกเคล้ากับน้ำสะอาด 15% ของน้ำหนัก จนเป็นเนื้อเดียวกัน การอัดขึ้นรูปใช้ที่ความดันที่ 300 และ 350 kg/cm^2 ของหน้าตัดชิ้นงานทดสอบ โดยอุปกรณ์ขึ้นรูปอ้างอิงจากชิ้นงานมาตรฐานรูปทรงกระบอกขนาด 51x51 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM Designation: C 20-97 ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 อุปกรณ์ขึ้นรูปอ้างอิงจากชิ้นงานมาตรฐานรูปทรงกระบอกขนาด 51x51 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM Designation: C 20-97 (American Society of Testing and Material, 2000)

หลังจากการอัดขึ้นรูปแล้วนำตัวอย่างชิ้นงานทดสอบไปอบที่อุณหภูมิ 110°C เพื่อทำการไล่ความชื้นออกเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เสร็จแล้วนำตัวอย่างชิ้นงานทดสอบไปตัดออกให้ได้ขนาดตามมาตรฐานที่กำหนดคือ 51x51 มิลลิเมตร จากนั้นทำการเผาชิ้นงานที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,300°C การทดสอบสมบัติหลังจากผ่านกระบวนการเผาตัวอย่างชิ้นงานทดสอบประกอบด้วย การหาความหนาแน่น (Density) ค่าความพรุนปรากฏ (Apparent Pores) ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ค่าการทดสอบกำลังต้านแรงบีบคั้นเมื่อเย็น (Cold Crushing Strength) ค่าความทนไฟ (Refractoriness) (สารโจน ขาวดี, 2544; เศษฐ เอี่ยมจิตกุล, 2537 และ ปรีดา พิมพ์ขาวขำ, 2539)

4. ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์



รูปที่ 4 แสดงภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกวาด (Scanning Electron Micrograph) ของชิ้นทดสอบตัดส่วน B1 ที่ผ่านการอัดขึ้นรูปด้วยแรงดันที่กำหนด พบการกระจายตัวของเฟสอลูมินา (พื้นที่สีขาว) (Bra, 1998) ที่มีขนาดอนุภาคที่แตกต่าง และเหล็กออกไซด์ (พื้นที่น้ำตาลแดง) ขนาดเล็กกระจายตัวบนพื้นหลักเฟสอลูมินา

ชิ้นงานที่ผ่านการอัดขึ้นรูปเหล่านี้เมื่อนำไปทำการเผาชิ้นงานที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,300°C ตามลำดับ พบสิ่งที่น่าสนใจ คือ ชิ้นงานบางส่วนผสม เช่น B3 และ B4 ที่เผาที่อุณหภูมิ 1,300°C นั้นเกิดการเสียรูป เนื่องจากการขยายตัวเนื่องจากความร้อน และเกิดการแตกร้าวในชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 5 สาเหตุของการเกิดการเสียรูปและการแตกร้าวไม่ได้ทำการศึกษาหาสาเหตุในการศึกษาครั้งนี้แต่คาดว่าเกิดจากการขยายตัวของส่วนผสมเฟสอลูมินาที่อุณหภูมิสูงที่แตกต่างกันทำให้เกิดการปรากฏการณ์ขึ้นจึงควรมีการศึกษาหาสาเหตุต่อไป

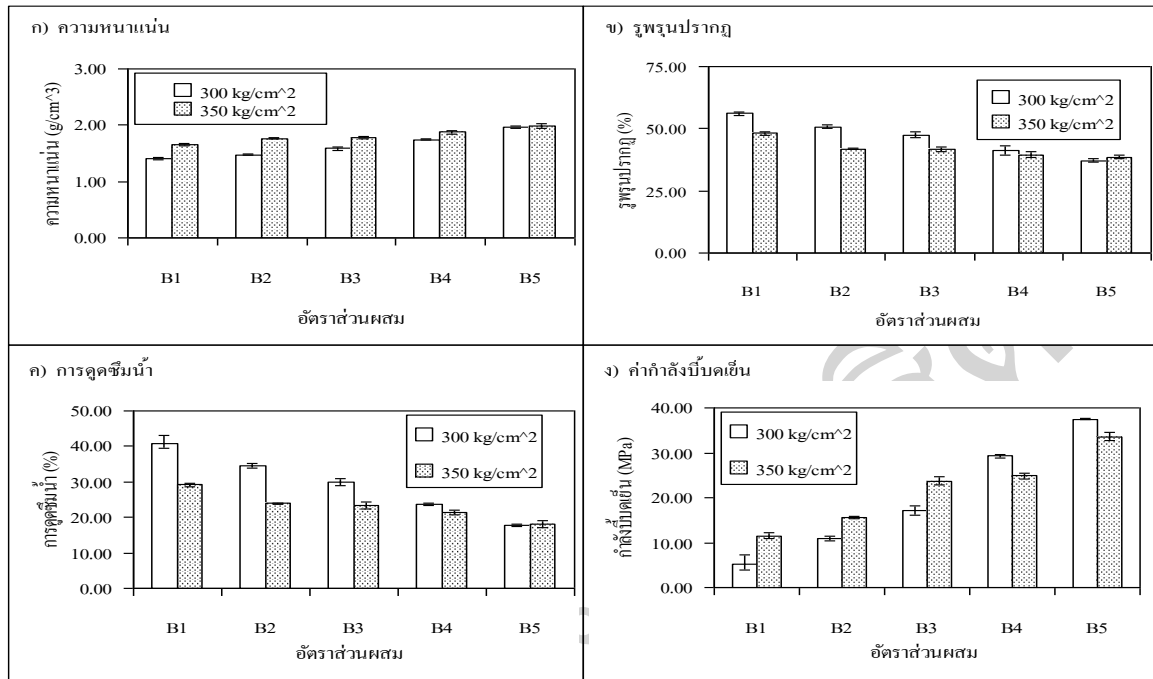


รูปที่ 5 ชิ้นงาน B3 เกิดการเสียรูปและแตกร้าว

รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบสมบัติของอิฐทนไฟที่ใช้เฟสอลูมินาขนาดเมช 50 เป็นส่วนผสมที่ขึ้นรูปด้วยแรงอัด 300 และ 350 kg/cm² พบว่าความหนาแน่นของอิฐทนไฟมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของเฟสอลูมินามีค่าลดลง ดังแสดงในรูปที่ 6 (ก) ค่าที่ได้ี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่ารุกรนปรากฏในชิ้นทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 6 (ข) ี่มีค่าลดลงเมื่อปริมาณเฟสอลูมินามีค่าลดลง และความหนาแน่นที่มีค่าเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของค่าความหนาแน่นและลดลงของค่ารุกรนปรากฏนี้คาดว่าเกิดจากขนาดเมชของเฟสอลูมินาที่มีขนาดโตทำให้รวมเข้ากันได้ดีแต่เกิดช่องว่างระหว่างเฟสอลูมินาเพิ่มขึ้น

ค่ารุกรนที่ปรากฏที่มีปริมาณลดลง เนื่องจากปริมาณของเฟสอลูมินาที่เพิ่มขึ้นในอิฐทนไฟนั้นส่งผลทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำในอิฐทนไฟมีค่าลดลงตามไปด้วยดังแสดงในรูปที่ 6 (ค) นอกจากนั้นปริมาณรุกรนที่ลดลงนั้นทำให้พื้นที่ในการรับแรงของอิฐทนไฟเพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้ค่าต้านทานการบีบอัดของอิฐทนไฟมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเฟสอลูมินาในอิฐทนไฟลดลง

ลักษณะการพังทลายของชิ้นทดสอบการบีบอัดเย็นพบการพังทลายที่แตกต่างกันตามอัตราส่วนผสมดังแสดงในรูปที่ 7 หากชิ้นทดสอบใช้เฟสอลูมินาทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 7 (ก) และ (ค) การพังทลายเกิดขึ้นกับทั้งชิ้นงาน ส่วนของชิ้นทดสอบเกิดการแตกออกมากกว่าครึ่งหนึ่ง ขณะที่ชิ้นงานที่มีความต้านทานการบีบอัดเย็นสูงของการใช้แรงอัดขึ้นรูป 300 และ 350 kg/cm²



รูปที่ 6 สมบัติของอิฐทนไฟที่ผสมเถ้าลอยอลูมิเนียมขนาดเมช 50

ดังแสดงในรูปที่ 7 (ข) และ (ค) ชี้นงานเกิด การปริแตกเฉพาะผิวด้านนอกของชิ้นทดสอบเท่านั้น ลักษณะนี้แสดงให้เห็นว่าชิ้นงานที่ใช้เถ้าลอยอลูมิเนียม ขนาดเมช 50 นั้น มีความสามารถในการยึดเหนี่ยวและ

เข้ากับส่วนผสมอื่นๆ ของอิฐทนไฟได้ต่ำ ดังนั้นการใช้ ปริมาณของเถ้าลอยอลูมิเนียมมากเกินไปอาจไม่ก่อ ประโยชน์กับอิฐทนไฟ



รูปที่ 7 การพังทลายของชิ้นทดสอบการบีบอัด

ในการศึกษาครั้งนี้สภาวะตัวแปรการผลิตที่ดี ที่สุด คือ อัตราส่วนผสม 20:80 แรงดันขึ้นรูป 300 kg/cm² อุณหภูมิการเผาขึ้นงาน 1,200°C ที่แสดงค่าความ ต้านทานการบีบอัด 38 MPa การดูดซึมน้ำร้อยละ 18

รูปพรุนปรากฏร้อยละ 18 และความหนาแน่น 1.97 g/cm³ เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ อิฐทนไฟกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของอิฐ ทนไฟอลูมินาสูง KB-50 ที่มีสมบัติ คือ ค่าความ

หนาแน่นเท่ากับ 2.30 g/cm^3 ค่าความพรุนปรากฏร้อยละ 22 และค่ากำลังต้านแรงบีบอัดเกินเท่ากับ 45 MPa (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2541) พบว่าค่าทดสอบสมบัติที่ได้ปัจจุบันมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของอิฐทนไฟโอลูมินาสูง KB-50 อย่างไรก็ตามค่าที่ได้นี้เป็นเพียงค่าที่สามารถตอบคำถามได้ว่าการนำเถ้าลอยอลูมิเนียมมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐทนไฟโอลูมินาสูง KB-50 นั้นมีความเป็นไปได้ และต้องมีการศึกษาสภาวะตัวแปรการผลิตต่างๆ เพื่อให้ได้สมบัติที่ดีกว่าต่อไป

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยอลูมิเนียมเป็นส่วนผสมในอิฐทนไฟ โดยทำการศึกษาส่วนผสมและอิทธิพลของตัวแปรในกระบวนการผลิตอิฐทนไฟสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้คือ

1. เถ้าลอยอลูมิเนียมสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐทนไฟโอลูมินาสูงได้
2. สภาวะตัวแปรการผลิตที่ดีที่สุด คือ อัตราส่วนผสม 20:80 แรงดันขึ้นรูป 300 kg/cm^2 อุณหภูมิการเผาขึ้นงาน 1200°C ที่แสดงค่าความต้านทานการบีบอัดเป็น 38 MPa การดูดซึมน้ำร้อยละ 18 รุพรุนปรากฏร้อยละ 18 และความหนาแน่น 1.97 g/cm^3
3. ปริมาณเถ้าลอยอลูมิเนียมที่เพิ่มขึ้นส่งผลในการลดความแน่น เพิ่มรูพรุน เพิ่มการดูดซึมน้ำ และลดความต้านทานการบีบอัด

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยที่ได้ให้การช่วยเหลือและสิ่งที่อำนวยความสะดวกระหว่างการปฏิบัติงานวิจัยในแต่ละขั้นตอนของงานวิจัยเป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2541). มาตรฐานของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐทนไฟโอลูมินาสูง, vd. 547-2541, วารสารกระทรวงอุตสาหกรรม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2540). วัสดุทนความร้อน. วารสารเซรามิกส์ ปีที่ 3, ฉบับที่ 6-9, หน้า 52-6.
- เชษฐ เอี่ยมจิตกุล. (2537). วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. ปี 42 ฉบับที่ 136 กันยายน 2537. 11, 24-25.
- ปรีดา พิมพ์ขาว. (2539). วัสดุทนไฟ. วารสารเซรามิกส์, พิมพ์ครั้งที่ 4, หน้า 409-495.
- สาโรจน์ ขาวดี. (2544). การศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานทางกายภาพของอิฐทนไฟโดยใช้ทรายชั้นนาเป็นวัตถุดิบหลัก. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี บัณฑิตวิทยาลัย.
- American Society of Testing and Material. (2000). ASTM Designation C 20-97, ASTM Designation C133-97, ASTM Designation C201-93, ASTM Designation C135-97: General Product, Chemical Specialties Chemical Specialties Use Product Refractoriness, Annual Book of ASTM Standard. Vol.04.01, Philadelphia, ASTM, pp.149-162.
- Bra wall, M. (1998). Refractory. pp.55-58.
- Clancy, T.A. and Benson, D.J. (1989). Ceramic Engineering and Science Process ding. pp. 210-218.