การใช้ของเสียจากอุตสาหกรรมเพื่อสังเคราะห์เนื้อผลิตภัณฑ์มัลไลท์

สุรพันธุ์ รัตนาวะดี
สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

การนำขยะกลับมาใช้เป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจทั้งในวงการอุตสาหกรรม และวงการศึกษา ในงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยมุ่งประเด็นในการศึกษาการนำดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมและเถ้าแกลบกลับมาใช้ เพื่อทดแทนอลูมิน่าออกไซด์และซิลิก้าออกไซด์สำหรับการสังเคราะห์มัลไรท์เซรามิกส์ โดยทั่วไปมัลไรท์เซรามิกส์ สามารถทนการกัดกร่อนจากสารเคมีได้ดี มีสมบัติทางกลดี มีค่าการขยายตัวเมื่อร้อนต่ำ (COE) ซึ่งเป็นสมบัติที่มีความต้องการของอุตสาหกรรมเซรามิกส์ มีส่วนประกอบของอลูมิน่าออกไซด์และซิลิก้าเป็นส่วนประกอบ โดยใช้สูตร ($3Al_2O_3$ $2SiO_2$) มีส่วนผสมของ ดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียม 72% และ เถ้าแกลบ 28% (โดยน้ำหนัก) ผสมตามสูตร บด 1 ชั่วโมง ขึ้นรูป และเผาผนึกที่อุณหภูมิตั้งแต่ 1200˚C ถึง 1280˚C ยืนไฟ 1 ชั่วโมง นำไปทดสอบเพื่อหาโครงสร้างผลึกด้วย XRD ทดสอบการหดตัวหลังเผา และค่าการดูดซึมน้ำ ชิ้นทดสอบผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1280 เริ่มเกิดผลึกมัลไรท์ สามารถสรุปได้ว่ามีแนวโน้มที่จะสังเคราะห์มัลไรท์ได้จากดินตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย ในอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมและเถ้าแกลบได้ในอุณหภูมิที่สูง ซึ่งมีประโยชน์กับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในประเทศไทย ในแง่ของการใช้วัสดุทดแทน ลดต้นทุน และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : ดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียม, เถ้าแกลบ, มัลไลท์

Synthesis mullite ceramics from industry waste

Suraphan Rattanavadi
Industrial Design, Faculty of Industrial Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

Abstract

Waste recycle is one of the interesting topic in both academia and industry. This research focuses on recycling the industry waste (sludge cake from aluminum scrap and dross recycling industry and rice husk ash) to synthesis mullite. Mullite is one of ceramics structures that has good property on corrosion, good mechanical property and low COE which are in need of ceramics industry. Mullite contains alumina oxide and silica oxide ($3Al_2O_3$ $2SiO_2$). In this study, we used 72% of sludge cake from aluminum scrap and dross recycling industry and 28% of rice husk ash as starting raw materials. The sample was grounded in ball mill for 1 hour, pressed by hydraulic compression, fired at the temperatures of 1200-1280^{o}C and soaked at the highest temperature for 1 hour. The test pieces were tested by XRD, water absorption and firing shrinkage tests. XRD shown that minor crystal structure of mullite were formed at 1280^{o}C. It can conclude that the raw material from industry waste tends to be usefull to synthesis mullite at the high temperature.

Keywords : Sludge cake from aluminum scrap and dross recycling industry, Rice husk ash, Mullite

บทนำ

การนำของเสียจากอุตสาหกรรมกลับมาใช้ให้นั้นกำลังเป็นประเด็นที่นักวิจัยเกือบทุกแขนงให้ความสนใจในการศึกษาเพราะของเสียที่เกิดจากกระบวนการนั้นเป็นของเสียที่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านสิ่งแวดล้อมและต้องใช้งบประมาณมากในการทำลายทิ้งปัจจุบันอุตสาหกรรมการชุบอลูมิเนียมได้มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง และของเสียที่เกิดขึ้นนั้นก็มีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบที่สูง เมื่อนำดินตะกอนจากอุตสาหกรรมดังกล่าวมาทดสอบ และ พบว่าดินตะกอนเหล่านั้นมีอลูมิน่าเป็นส่วนประกอบอยู่ในปริมาณสูงมาก M.J. Ribeiro & J.A. Labrincha (2008) ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์มัลไลท์จากดินตะกอนจากอุตสาหกรรมการชุบอลูมิเนียมด้วยไฟฟ้า (anodizing) พบว่าดินตะกอนจากอุตสาหกรรมเมื่อนำมาผ่านการเผา ที่อุณหภูมิ 1400℃ ด้วยเตาไฟฟ้า นำไปผสมกับซิลิก้าที่สังเคราะห์ได้จากแกลบที่ได้จากการเตรียมด้วยการเผาในบรรยากาศที่มีออกซิเจนภายในเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 700 ℃ แล้วจึงหาลักษณะเฉพาะ ได้แก่ การวิเคราะห์ทางเคมี การวิเคราะห์ทางแร่พื้นที่ผิวการกระจายขนาดและปริมาณของคาร์บอน พบว่า เมื่อใช้เวลาและอุณหภูมิในการเผาเถ้าแกลบมากขึ้นปริมาณของซิลิกาที่ได้จะเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของซิลิกา และการเผาที่อุณหภูมิ 700 ℃ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะได้ปริมาณซิลิกามากถึงร้อยละ 95 และเมื่อทำการบดซิลิกาจะมีพื้นที่ผิวเพิ่มจาก 54 เป็น 81 ตารางเมตรต่อกรัม (V.P. Della, I. Kuhn, D. Hotza, 2002) โดยทั่วไปมัลไรท์เซรามิกส์ สามารถทนการกัดกร่อนจากสารเคมีได้ดี มีสมบัติทางกลดี มีค่าการขยายตัวเมื่อร้อนต่ำ (COE) ซึ่งเป็นสมบัติที่มีความต้องการของอุตสาหกรรมเซรามิกส์ มีส่วนประกอบของอลูมิน่าออกไซด์และซิลิก้าเป็นส่วนประกอบ โดยใช้สูตร ($3Al_2O_3$ $2SiO_2$) และเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรม สามารถนำมาผลิตเป็นส่วนประกอบของเตาเผา เบ้าหลอมโลหะ หรือวัสดุที่ต้องการทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาการนำของเสียจากอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมและซิลิก้าจากเถ้าแกลบกลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตเนื้อผลิตภัณฑ์มัลไลท์ เพื่อลดต้นทุนการผลิต และนำขอเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมภายในประเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำนำดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรม กลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตเนื้อผลิตภัณฑ์มัลไรท์เซรามิกส์

ระเบียบวิธีวิจัย

ศึกษาข้อมูลด้านการสังเคราะห์เนื้อผลิตภัณฑ์มัลไรท์ การนำนำดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมและเถ้าแกลบกลับมาใช้ใหม่จากบทความ งานวิจัย และจากข้อมูลวัสดุในตลาด ศึกษาความเป็นไปได้ของ ส่วนผสม ที่พัฒนาขึ้นและความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์เนื้อผลิตภัณฑ์มัลไรท์ด้วยนำดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรม การหล่ออลูมิเนียมและเถ้าแกลบ ดำเนินการเตรียมวัตถุดิบตามส่วนผสมที่พัฒนาขึ้น

1. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

1.1 เตรียมดินตะกอนจากอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียม และเถ้าแกลบขาวจากแหล่งผลิต

1.2 เผาดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 600 -1,000 ℃ ตามลำดับ

1.3 ผสมวัตถุดิบตามสมมุติฐาน และบดแห้งด้วยหม้อบดพอร์ซเลนและขึ้นรูปด้วยแบบโลหะด้วยเครื่องขึ้นรูปไฮดรอลิก

1.4 เผาผนึกที่อุณหภูมิ 1200, 1225, 1250 และ 1280°C ตามลำดับ

1.5 เตรียมชิ้นตัวอย่างเพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ

2. ทดสอบเนื้อดินเพื่อหา

2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence Spectroscopy (WD-XRF using Rh radiation in a Bruker® S4 Pioneer)

2.2 ทดสอบเพื่อหาขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ โดยเครื่อง Sedi Graph 5100

2.3 หาเปอร์เซ็นต์การหดตัว (% Shrinkage) เชิงเส้นของชิ้นงานหลังเผา โดยใช้มาตรฐาน ASTM C326-03 (Reapproved 1999)

2.4 หาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (% Water absorption) โดยใช้มาตรฐาน ASTM C373-88 (Reapproved 1999)

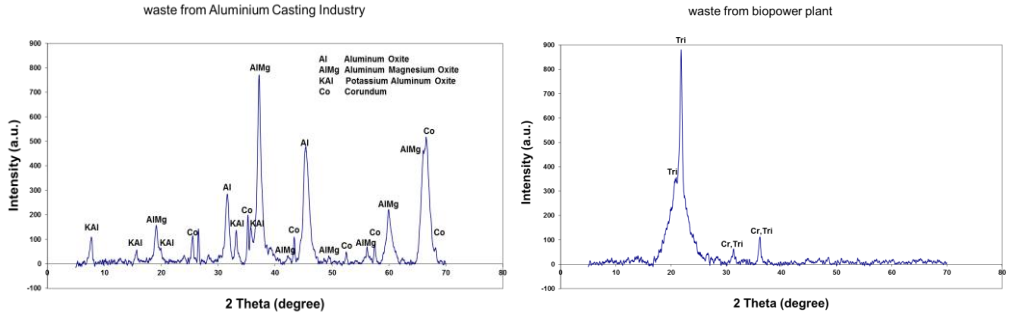
2.5 Mineral Composition โดยเครื่อง X-ray Diffractometer

ผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า วัตถุดิบจากอุตสาหกรรมการหล่อหลอมเศษอลูมิเนียมมีปริมาณอลูมิน่า 78.80% (ผ่านการเผาที่ 900°C) ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนที่สูง และยังพบว่าเถ้าแกลบจากอุตสาหกรรมการเผาอิฐ (เถ้าขาว) มีปริมาณซิลิก้า 66.05 % ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนที่สูงเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 และเมื่อนำไปทดสอบเพื่อหาโครงสร้างผลึกดังแผนภาพที่ 1 (A) และ 1(B) พบว่า โครงสร้างผลึกของวัตถุดิบจากอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมมีโครงสร้างของ aluminum oxide, aluminum magnesium oxide, potassium aluminum oxide และ corundum เป็นส่วนประกอบ ส่วนโครงสร้างผลึกของวัตถุดิบจากอุตสาหกรรมการเผาอิฐมีโครงสร้างของ tridymite และ tristobalite เป็นส่วนประกอบ

ตารางที่ 1 Chemical composition of raw materials. (weight %)

Oxide	Al_2O_3	SiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	Fe_2O_3	TiO_2	ZnO	L.O.I.
Aw	78.80	5.42	1.73	4.21	1.08	-	2.68	-	1.63	-
Rh	22.55	66.05	0.08	0.54	0.41	4.19	0.68	0.02	-	4.65



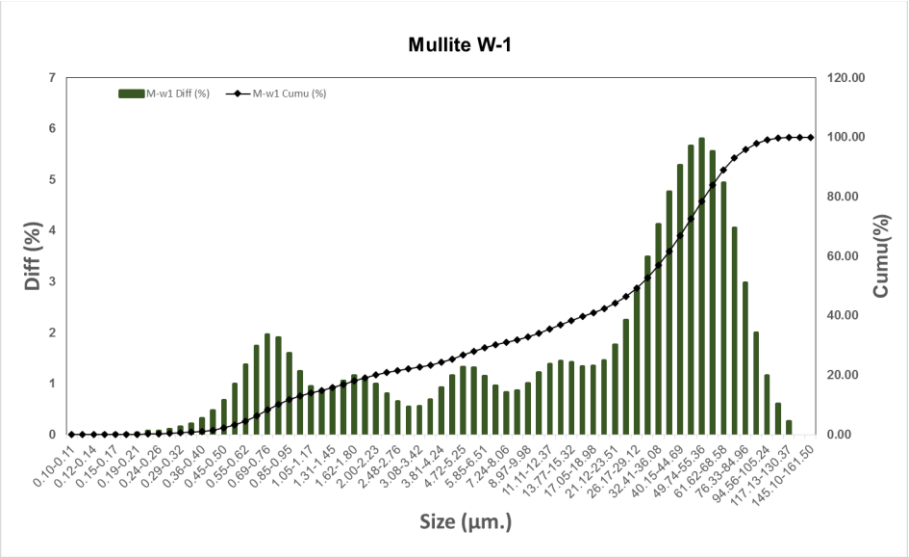
(A.) (B.)

ภาพที่ 1 (A.) XRD pattern ของดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 900°C (B.) XRD pattern ของเถ้าแกลบ

นำวัตถุดิบตั้งต้นทั้งสองมาผสมกันในสัดส่วนวัตถุดิบจากอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมมีปริมาณอลูมิน่า(Aw) : เถ้าแกลบจากอุตสาหกรรมการเผาอิฐ (Rh) 72:28 ดังแสดงในตารางที่ 2 ทำการบดแห้งในหม้อบด 1 ชั่วโมง และนำตัวอย่างที่ได้ไปทดสอบเพื่อหาขนาดอนุภาคของวัตถุดิบโดยเครื่อง Sedi Graph 5100 พบว่า มีขนาดอนุภาค 29.77 (μm) และมีพื้นที่ผิวจำเพาะ 1.9852 (m2/g) ดังแสดงในแผนภาพที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 Raw materials in weight%.

Sample no.	Aw	Rh
Mullite W-1.	72	28

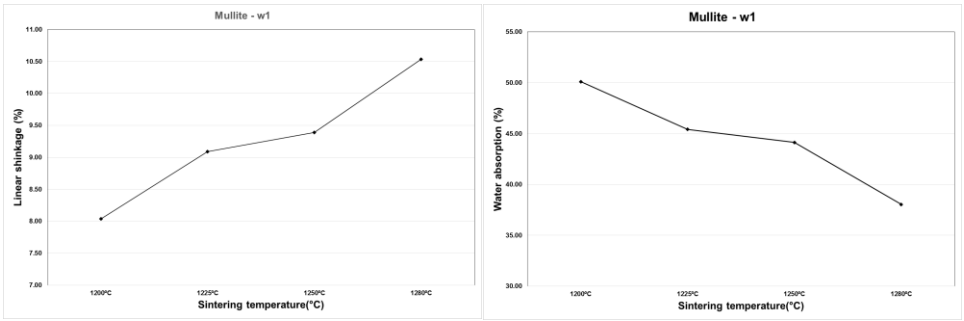


ภาพที่ 2 Particle size distributions of sample

ตารางที่ 3 Median particle size (D50) and specific surface area of the industry-waste raw materials

	ขนาดอนุภาค (μm)	พื้นที่ผิวจำเพาะ (m^2/g)
Mullite W-1.	29.77	1.9852

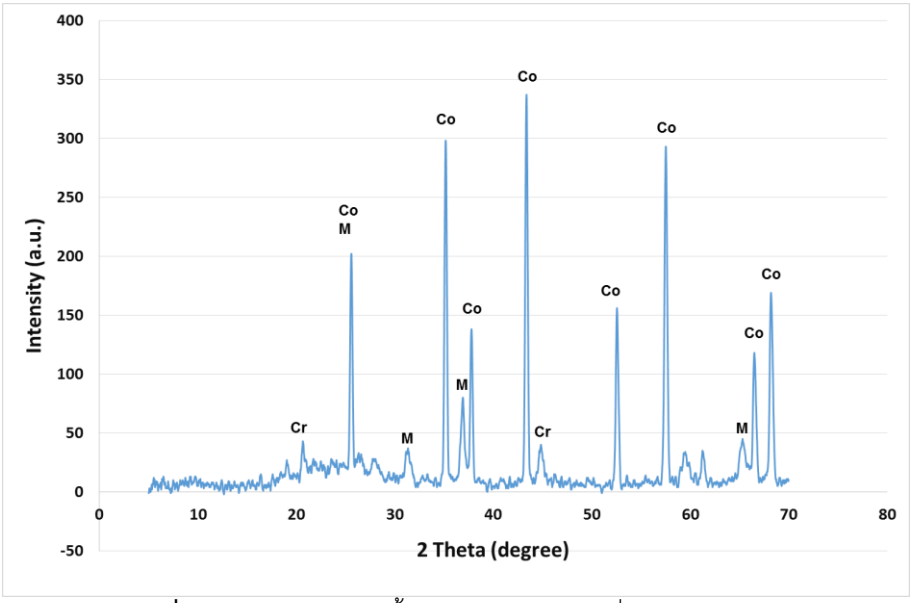
เมื่อนำตัวอย่างที่ผ่านการเผาผนึกที่อุณหภูมิ 1200 ถึง 1280°C มาทดสอบสมบัติการหดตัวหลังเผาตามมาตรฐาน พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการเผาสูงขึ้นเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผาจะสูงขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในภาพที่ 3 (A) ในทางกลับกับเมื่อเมื่อนำตัวอย่างไปทดสอบค่าการดูดซึมน้ำพบว่าเมื่ออุณหภูมิในการเผาสูงขึ้นเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำจะลดลง ดังแสดงในภาพที่ 3 (B)



(A.) (B.)

ภาพที่ 3 (A) ค่าการหดตัวหลังเผาของชิ้นทดสอบ, (B) ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบ (เผาผนึกที่อุณหภูมิ 1200 ถึง 1280°C)

จากลักษณะทางกายภาพภายหลังการเผาผนึกที่อุณหภูมิระหว่าง อุณหภูมิ 1200 ถึง 1280°C พบว่า ชิ้นทดสอบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1200-1225 °C ยังมีลักษณะเปราะหลุดร่อนเป็นผงได้เมื่อโดนเสียดสีแรง ๆ มีลักษณะแข็งแรงขึ้นที่อุณหภูมิ 1250 °C และยังพบว่าชิ้นทดสอบที่ผ่านการเผาที่ อุณหภูมิ 1280°C ลักษณะเข็งแรงดีจากการเผาผนึกไม่หลุดร่อนง่าย เมื่อนำไปทดสอบโครงสร้างผลึกของชิ้นงานด้วย เครื่อง XRD จากภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างผลึกของชิ้นงานผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1280 °C พบว่า มีการเกิดของผลึก corundum เป็น major phase และผลึก cristobalite รวมถึงเริ่มเกิด ผลึก mullite เป็น minor phase



ภาพที่ 4 โครงสร้างผลึกของชิ้นทดสอบผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1280 °C

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจับพบว่ามีแนวโน้มที่จะเกิดผลึกมัลไลท์ได้จากดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมและจากเถ้าแกลบ และสามารถสรุปได้ว่าดินตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียม และเถ้าแกลบ มีประโยชน์กับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในประเทศไทย ในแง่ของการใช้วัสดุทดแทน ลดต้นทุน และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รวมไปถึงการเพิ่มมูลค่าให้กับขยะอุตสาหกรรมอีกช่องทางหนึ่งด้วย

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มอุณหภูมิในการสังเคราะห์มัลไลท์ เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่จะเกิดมัลไลท์สมบูรณ์เทียบกับอุณหภูมิทางทฤษฎี และหาเทคนิคในการลดอุณหภูมิในการสังเคราะห์มัลไลท์ให้ต่ำลง

References

American Society for Testing and Materials) ASTM. (1999). **Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fire Whiteware**. Pa, USA: ASTM International. See aiso www.astm.org.

Kanjana Keowkamnerd. (2541). **Refactory : Charactoristics, Properties and Application.** Ceramic Research Center, Chiang Mai University, Thailand**.**

M.J. Ribeiro, J.A. Labrincha. (2008). Properties of sintered mullite and cordierite pressed bodies manufactured using Al-rich anodising sludge. **Ceramics International.,** 34, 593-597.

Mingsan Khosat, Chirawan Chaisuwa, Akarapong Unthong, Komsan Suriya, Kritiyaporn wongsa, Jakkree Tejawaree, On Chunthirapong, Sirikarn Jansa, walailak ratiwanich. (2545)**. Master Plan for the Ceramics and Glass Industry.** Social research institute Chiang Mai University, Chiang Mai.

Singer, F. and S.S. (1963). **Industrial Ceramics,** New York: John Wiley and Sons.

Somporn Kamolsiripichaiporn., (2015), **Chemical Safety and Hazardous Waste Management Program.** The Center of Excellence on Hazardous Substance Management. Chulalongkorn University**.**

Sripen Towta, Niyom Boonthanom, Vanchob Yotsombat. (2531). **Preparation of silicon dioxide from rice husk.** Research report, Faculty of Science of Chiang Mai University**.**

V.P. Della, I. Kuhn, D. Hotza. (2002). Rice husk ash as an alternate source for active silica production. **Materials Letters,** 57, 818–821.