

การใช้ของเสียจากอุตสาหกรรมเพื่อสังเคราะห์เนื้อผลิตภัณฑ์มวลโลหะ

สุรพันธุ์ รัตนาวะดี

สาขาวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

การนำขยะกลับมาใช้เป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจทั้งในวงการอุตสาหกรรม และวงการศึกษา ในงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยมุ่งประเด็นในการศึกษาการนำดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของ อุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมและเถ้าแกลบกลับมาใช้ เพื่อทดแทนอลูมินาออกไซด์และซิลิกาออกไซด์ สำหรับการสังเคราะห์มวลโลหะเซรามิกส์ โดยทั่วไปมวลโลหะเซรามิกส์ สามารถทนการกัดกร่อนจากสารเคมี ได้ดี มีสมบัติทางกลดี มีค่าการขยายตัวเมื่อร้อนต่ำ (COE) ซึ่งเป็นสมบัติที่มีความต้องการของ อุตสาหกรรมเซรามิกส์ มีส่วนประกอบของอลูมินาออกไซด์และซิลิกาเป็นส่วนประกอบ โดยใช้สูตร ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) มีส่วนผสมของ ดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่อ อลูมิเนียม 72% และ เถ้าแกลบ 28% (โดยน้ำหนัก) ผสมตามสูตร บด 1 ชั่วโมง ขึ้นรูป และเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 1200°C ถึง 1280°C ยืนไฟ 1 ชั่วโมง นำไปทดสอบเพื่อหาโครงสร้างผลึกด้วย XRD ทดสอบการหดตัวหลังเผา และค่าการดูดซึมน้ำ ขึ้นทดสอบผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1280 เริ่มเกิดผลึก มวลโลหะ สามารถสรุปได้ว่ามีแนวโน้มที่จะสังเคราะห์มวลโลหะได้จากดินตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย ใน อุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมและเถ้าแกลบได้ในอุณหภูมิที่สูง ซึ่งมีประโยชน์กับอุตสาหกรรม เซรามิกส์ในประเทศไทย ในแง่ของการใช้วัสดุทดแทน ลดต้นทุน และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : ดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียม, เถ้าแกลบ, มวลโลหะ

Synthesis mullite ceramics from industry waste

Suraphan Rattanaodi

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 ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). 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°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°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

การนำของเสียจากอุตสาหกรรมกลับมาใช้ให้คุ้มค่าเป็นประเด็นที่นักวิจัยเกือบทุกแขนงให้ความสนใจในการศึกษาเพราะของเสียที่เกิดจากกระบวนการนั้นเป็นของเสียที่ก่อให้เกิดมลภาวะด้านสิ่งแวดล้อมและต้องใช้งบประมาณมากในการทำลายทิ้งปัจจุบันอุตสาหกรรมการชุบอลูมิเนียมได้มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง และของเสียที่เกิดขึ้นนั้นก็มีส่วนประกอบที่สูง เมื่อนำดินตะกอนจากอุตสาหกรรมดังกล่าวมาทดสอบ และ พบว่าดินตะกอนเหล่านั้นมีอลูมินาเป็นส่วนประกอบอยู่ในปริมาณสูงมาก M.J. Ribeiro & J.A. Labrincha (2008) ได้ทำการศึกษาการสังเคราะห์มัลไรต์จากดินตะกอนจากอุตสาหกรรมการชุบอลูมิเนียมด้วยไฟฟ้า (anodizing) พบว่าดินตะกอนจากอุตสาหกรรมเมื่อนำมาผ่านการเผา ที่อุณหภูมิ 1400 °C ด้วยเตาไฟฟ้า นำไปผสมกับซิลิกาที่สังเคราะห์ได้จากแคลสที่ได้จากการเตรียมด้วยการเผาในบรรยากาศที่มีออกซิเจนภายในเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 700 °C แล้วจึงหลักระเหยได้แก่ การวิเคราะห์ทางเคมี การวิเคราะห์ทางพื้นที่ผิวการกระจายขนาดและปริมาณของคาร์บอน พบว่า เมื่อใช้เวลาและอุณหภูมิในการเผาแล้วกลับมากขึ้น ปริมาณของซิลิกาที่ได้จะเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของซิลิกา และการเผาที่อุณหภูมิ 700 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะได้ปริมาณซิลิกามากถึงร้อยละ 95 และเมื่อทำการบดซิลิกาจะมีพื้นที่ผิวเพิ่มจาก 54 เป็น 81 ตารางเมตรต่อกรัม (V.P. Della, I. Kuhn, D. Hotza, 2002) โดยทั่วไปมัลไรต์เฮรามิกส์ สามารถทนการกัดกร่อนจากสารเคมีได้ดี มีสมบัติทางกลดี มีค่าการขยายตัวเมื่อร้อนต่ำ (COE) ซึ่งเป็นสมบัติที่มีความต้องการของอุตสาหกรรมเฮรามิกส์ มีส่วนประกอบของอลูมินาออกไซด์และซิลิกาเป็นส่วนประกอบ โดยใช้สูตร $(3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2)$ และเป็นที่ต้องการของ

อุตสาหกรรม สามารถนำมาผลิตเป็นส่วนประกอบของเตาเผา เบ้าหลอมโลหะ หรือวัสดุที่ต้องการทานการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลัน

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาการนำของเสียจากอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมและซิลิกาจากเถ้าแคลสกลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตเนื้อผลิตภัณฑ์มัลไรต์ เพื่อลดต้นทุนการผลิต และนำของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมภายในประเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรม กลับมาใช้ใหม่เพื่อผลิตเนื้อผลิตภัณฑ์มัลไรต์เฮรามิกส์

ระเบียบวิธีวิจัย

ศึกษาข้อมูลด้านการสังเคราะห์เนื้อผลิตภัณฑ์มัลไรต์ การนำดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมและเถ้าแคลสกลับมาใช้ใหม่จากบทความ งานวิจัย และจากข้อมูลวัสดุในตลาด ศึกษาความเป็นไปได้ของ ส่วนผสม ที่พัฒนาขึ้น และความเป็นไปได้ในการสังเคราะห์เนื้อผลิตภัณฑ์มัลไรต์ด้วยดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรม การหล่ออลูมิเนียมและเถ้าแคลส ดำเนินการเตรียมวัตถุดิบตามส่วนผสมที่พัฒนาขึ้น

1. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

1.1 เตรียมดินตะกอนจากอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียม และเถ้าแคลสจากแหล่งผลิต

1.2 เผาดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 600 -1,000 °C ตามลำดับ

1.3 ผสมวัตถุดิบตามสมมุติฐาน และ บดแห้งด้วยหม้อบดพอร์ซเลนและขึ้นรูปด้วยแบบ โลหะด้วยเครื่องขึ้นรูปไฮดรอลิก

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

1.5 เตรียมชิ้นตัวอย่างเพื่อทดสอบ สมบัติทางกายภาพ

2. ทดสอบเนื้อดินเพื่อหา

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

2.2 ทดสอบเพื่อหาขนาดอนุภาคของ วัตถุดิบ โดยเครื่อง Sedi Graph 5100

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

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

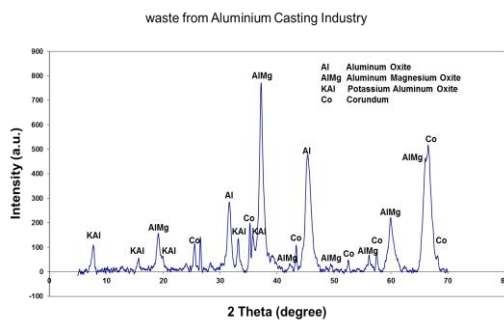
2.5 Mineral Composition โดยเครื่อง X-ray Diffractometer

ผลการวิจัย

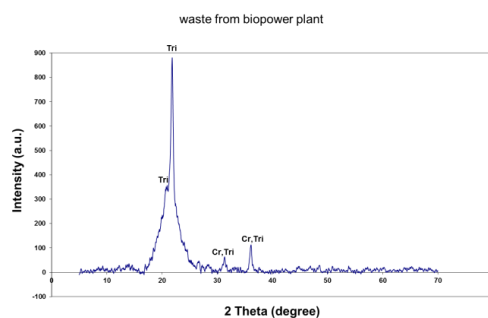
จากผลการทดลองพบว่า วัตถุดิบจาก อุตสาหกรรมการหล่อหลอมเศษอลูมิเนียม มีปริมาณอลูมินา 78.80% (ผ่านการเผาที่ 900°C) ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนที่สูง และยังพบว่าเถ้าแกลบ จากอุตสาหกรรมการเผาอิฐ (เถ้าขาว) มีปริมาณ ซิลิกา 66.05 % ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนที่สูงเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 และเมื่อนำไปทดสอบเพื่อ หาโครงสร้างผลึกดังแผนภาพที่ 1 (A) และ 1(B) พบว่า โครงสร้างผลึกของวัตถุดิบจากอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมมีโครงสร้างของ aluminum oxide, aluminum magnesium oxide, potassium aluminum oxide และ corundum เป็น ส่วนประกอบ ส่วนโครงสร้างผลึกของวัตถุดิบ จากอุตสาหกรรมการเผาอิฐมีโครงสร้างของ tridymite และ cristobalite เป็นส่วนประกอบ

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

Oxide	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O 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.)

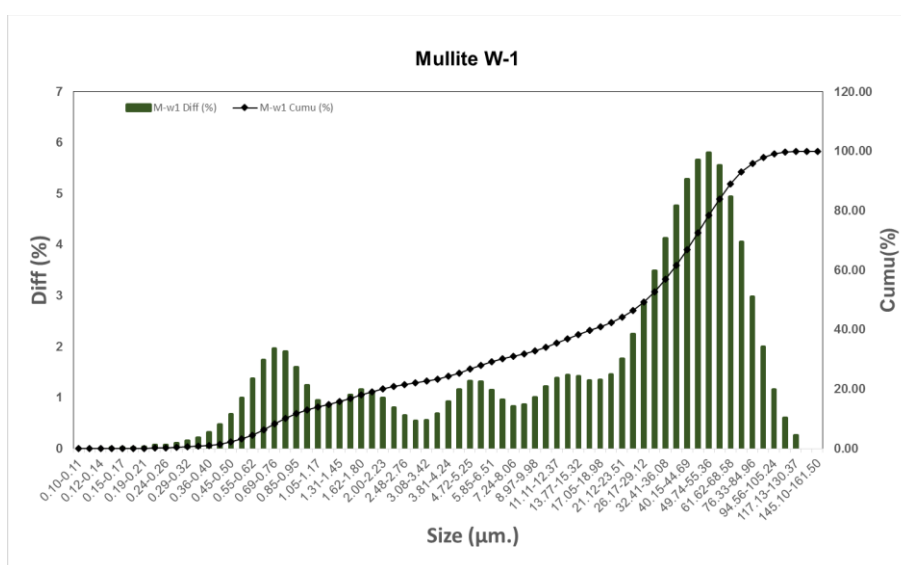
ภาพที่ 1 (A.) XRD pattern ของดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 900°C (B.) XRD pattern ของเถ้าแกลบ

นำวัตถุดิบตั้งต้นทั้งสองมาผสมกันในสัดส่วน วัตถุดิบจากอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียมมี ปริมาณอลูมินา(Aw) : แก้วจากอุตสาหกรรม การเผาอิฐ (Rh) 72:28 ดังแสดงในตารางที่ 2 ทำการบดแห้งในหม้อบด 1 ชั่วโมง และนำตัวอย่าง

ที่ได้ไปทดสอบเพื่อหาขนาดอนุภาคของวัตถุดิบ โดยเครื่อง Sedi Graph 5100 พบว่า มีขนาด อนุภาค 29.77 (μm) และมีพื้นที่ผิวจำเพาะ 1.9852 (m^2/g) ดังแสดงในแผนภาพที่ 2 และ ตารางที่ 3

ตารางที่ 2 Raw materials in weight%.

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



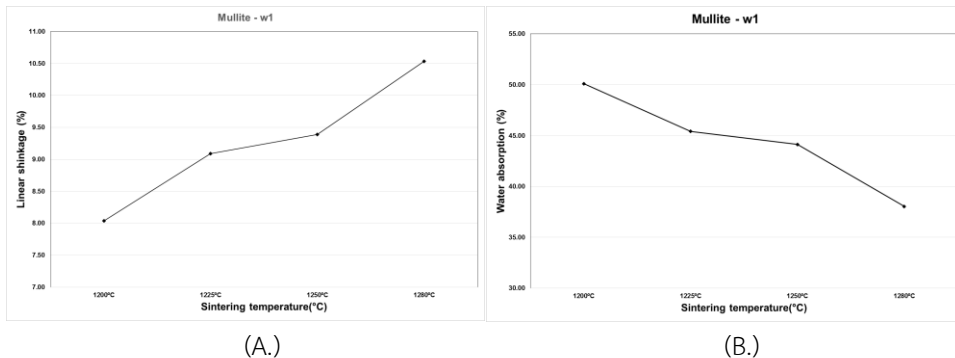
ภาพที่ 2 Particle size distributions of sample

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

เมื่อนำตัวอย่างที่ผ่านการเผาฟลักที่ อุณหภูมิ 1200 ถึง 1280°C มาทดสอบสมบัติ การหดตัวหลังเผาตามมาตรฐาน พบว่า เมื่อ อุณหภูมิในการเผาสูงขึ้นเปอร์เซ็นต์การหดตัว หลังเผาจะสูงขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในภาพที่

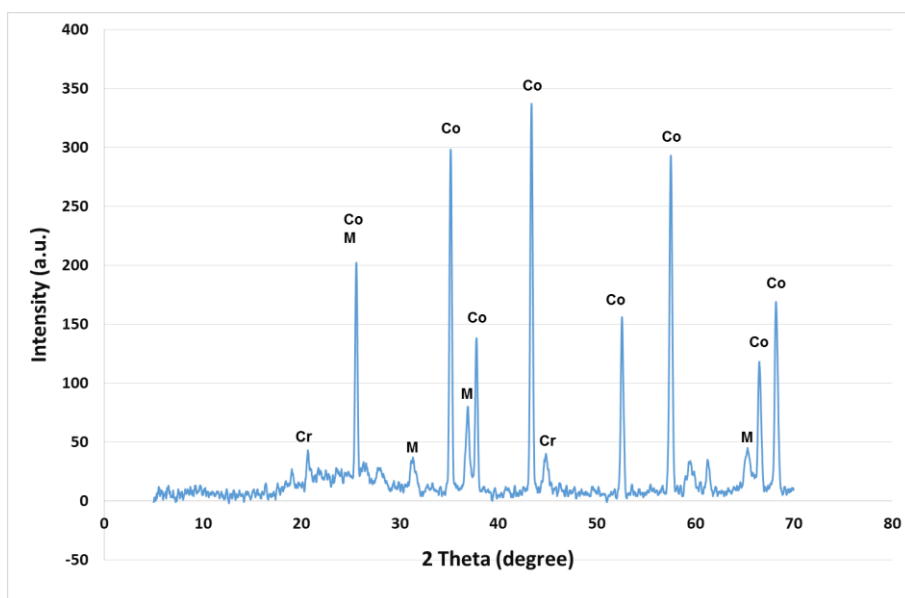
3 (A) ในทางกลับกันเมื่อเมื่อนำตัวอย่างไปทดสอบ ค่าการดูดซึมน้ำพบว่าเมื่ออุณหภูมิในการเผา สูงขึ้นเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำจะลดลง ดังแสดง ในภาพที่ 3 (B)



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

จากลักษณะทางกายภาพภายหลังการเผาหนักที่อุณหภูมิระหว่าง อุณหภูมิ 1200 ถึง 1280°C พบว่า ชิ้นทดสอบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1200-1225 °C ยังมีลักษณะเปราะ หักง่ายเป็นผงได้เมื่อโดนเสียดสีแรง ๆ มีลักษณะแข็งแรงขึ้นที่อุณหภูมิ 1250 °C และยังพบว่าชิ้นทดสอบที่ผ่านการเผาที่ อุณหภูมิ 1280°C ลักษณะแข็งแรงดีจากการเผาหนัก

ไม่หลุดร่อนง่าย 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

จากผลการวิจัยพบว่า มีแนวโน้มที่จะเกิดผลึกมัลไลต์ได้จากดินตะกอนในกระบวนการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียม และจากถ้ำเกลือ และสามารถสรุปได้ว่าดินตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมการหล่ออลูมิเนียม และถ้ำเกลือ มีประโยชน์กับอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในประเทศไทย ในแง่ของการใช้วัสดุทดแทน ลดต้นทุน และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รวมถึงการเพิ่มมูลค่าให้กับขยะอุตสาหกรรมอีกช่องทางหนึ่งด้วย

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มอุณหภูมิในการสังเคราะห์มัลไลต์ เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่จะเกิดมัลไลต์สมบูรณ์เทียบกับอุณหภูมิทางทฤษฎี และหาเทคนิคในการลดอุณหภูมิในการสังเคราะห์มัลไลต์ให้ต่ำลง

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 also www.astm.org.
- Kanjana Keowkamnerd. (2541). **Refractory : 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.