

การพัฒนาความแข็งแรงของเนื้อเซรามิกด้วยเซรามิกไฟเบอร์
ศักดิ์พล เทียนเสม^{a*} ทิวาสวัสดิ์ ศิริโส^b สุรพัฒน์พงษ์ กุลธรรม^b ธนธณ์ ปวงแก้ว^b
และ สิทธิพร บุญนิตย^c

Development of Strength on Ceramic Body by Ceramic Fiber

Sakdiphon Thiansem^{a*}, Tiwasawat Sirisoam^b, Surapattanapong Kullatham^b,
Tanathorn Pongkaew^b and Sittiporn Punyanitya^c

^aภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

^bห้องปฏิบัติการวิจัยเซรามิกอุตสาหกรรม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

^cศูนย์วิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

^aDepartment of Industrial Chemistry, Faculty of Science, Chiang Mai University.

^bCeramic Industrial Research Laboratory, Science and Technology Research Institute, Chiang Mai University.

^cBiomedical Engineering Center, Chiang Mai University.

*Corresponding Author. E-mail address: sukdipown@hotmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาความแข็งแรงของเนื้อเซรามิกด้วยเซรามิกไฟเบอร์ สามารถหาส่วนผสมของเนื้อดินและเซรามิกไฟเบอร์ที่
ที่เสื่อมสภาพ โดยการปั่นเพื่อลดขนาดเซรามิกไฟเบอร์ให้มีขนาดประมาณ 150 ไมครอน นำไปใช้เติมในน้ำดินหาปริมาณที่
เหมาะสมในการเติมในน้ำดิน ที่สามารถเพิ่มความสามารถในการทำงาน ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น และปรับปรุงสมบัติ
ต่าง ๆ ของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ จากการวิจัยพบว่า การเติมเซรามิกไฟเบอร์ในปริมาณ 0.5 กรัม ต่อ น้ำดิน 1 กิโลกรัม จะได้น้ำ
ดินที่เหมาะสมต่อการทำงานมากที่สุด ได้ชิ้นงานที่มีความแข็งแรงมากที่สุด หล่อแบบและถอดแบบได้ดี น้ำดินค่อนข้างคงที่
การทำงานไม่ยุ่งยาก ดังนั้น จะเห็นได้ว่าเซรามิกไฟเบอร์มีผลต่อการเสริมแรงให้กับชิ้นงาน ทั้งชิ้นงานหลังถอดแบบ ชิ้นงาน
แห้ง และชิ้นงานหลังเผา โดยเปรียบเทียบความแข็งแรงของชิ้นงานแห้งของเนื้อดินที่ผสมเซรามิกไฟเบอร์สูงกว่าเนื้อดินที่
ไม่ได้เติมอยู่ 42.05% และความแข็งแรงหลังเผาเพิ่มขึ้น คือ ก่อนเติมเซรามิกไฟเบอร์ ชิ้นงานหลังเผามีค่าโมดูลัสการแตกหัก
398 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพิ่มขึ้นเป็น 577 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือกล่าวได้ว่ามีความแข็งแรงหลังเผาเพิ่ม
ขึ้น 44% นอกจากนี้ยังสามารถลดเวลาที่ใช้ในการเผาจากเดิม คือ 8 ชั่วโมง ลดลงเหลือ 6 ชั่วโมงได้ ทั้งนี้ทางโรงงานจะ
สามารถลดปริมาณผลิตภัณฑ์เสียหายและลดปริมาณเซรามิกไฟเบอร์ที่เสื่อมสภาพลงได้อีกด้วย

Abstract

The strength development of stoneware green body by using the decomposed ceramic fiber can found a
mixture of clay and ceramic fiber ratio. The ceramic fiber was reduced the size of ceramic fiber to approximately 150
microns to fill in the casting slip. Then added 0.5 g of ceramic fiber in 1 kg of the original slip. That can increase the
ability to work. The strength of green body, dried body and fired body were increased. In the research was shown that
the addition of ceramic fibers in the amount 0.5 g per 1 kg of slip was presented together with the most strength by

the ceramic fiber was reinforced to the ceramic body. The comparison on the strength of the test piece of dried body with filled ceramic fiber was higher than dried body which not filled amount 42.05%. The modulus of rupture (MOR.) of fired body which not filled was 398 kg/cm^2 that increased to 577 kg/cm^2 when the ceramic fiber was filled, increase of 44%. In addition the effect of ceramic fiber was reduced the firing time from 8 hr. to 6 hr. that mean we can reduce product damage and reduce the amount of ceramic fiber waste in the ceramic factory of Lampang province.

บทนำ

โรงงานผลิตเซรามิกเนื้อสโตนแวร์ โดยผลิตภัณฑ์หลักที่ผลิต คือ ลูกกรงแก้ว ขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบพิมพ์ ตกแต่งด้วยการเคลือบสีเดียว และเคลือบแบบประกายมุก ใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น คือ ดินดำแม่ทาน และดินขาวลำปาง กำลังการผลิต 1,000 – 8,000 ชิ้นต่อเดือน จำนวนคนงาน 49 คน รายได้ต่อเดือนโดยประมาณ 180,000 – 220,000 บาท ค่าใช้จ่ายต่อเดือนคิดเป็นค่าต้นทุนการผลิต 80 เปอร์เซ็นต์ของรายได้ และ 20 เปอร์เซ็นต์ คือกำไร ปัญหาที่เกิดจากการสูญเสียคิดเป็นส่วนดี 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเสีย 40 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภัณฑ์ส่วนเสียเกิดจากการบิดเบี้ยวของชิ้นงาน และด้านการเคลือบ นอกจากนี้ในกระบวนการเผาผลิตภัณฑ์ ทางโรงงานได้ใช้เตาซัดเต็ล ใช้เซรามิกไฟเบอร์เป็นฉนวนความร้อน ใช้เชื้อเพลิงเป็นแก๊สหุงต้ม ขนาดความจุผลิตภัณฑ์ 2.5 – 10 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 5 เตา ปริมาณเซรามิกไฟเบอร์ที่ใช้ต่อเตาคิดเป็น 300 กิโลกรัมต่อเตา โดยจะเริ่มเสื่อมสภาพไปเรื่อยๆ เนื่องจากว่าเซรามิกไฟเบอร์นั้นมีอายุการใช้งาน 5 ปี ดังนั้น ในรอบระยะเวลา 5 ปีนี้จะมีเซรามิกไฟเบอร์ที่เสื่อมสภาพหมุนเวียนอยู่ 300 กิโลกรัม ทางโรงงานได้ประสบปัญหาการจัดการกับเซรามิกไฟเบอร์ที่เสื่อมสภาพ ซึ่งวิธีการเดิมที่ทางโรงงานใช้ในการกำจัดเซรามิกไฟเบอร์ที่เสื่อมสภาพ คือ การนำใส่ถุงขยะแล้วนำไปถมที่ และทิ้งในที่ทิ้งขยะของชุมชน ซึ่งจะถูกนำไปฝังกลบต่อไป เนื่องจากเซรามิกไฟเบอร์เก่าเป็นวัสดุที่สามารถทนความร้อนได้สูง ไม่สามารถกำจัดโดยวิธีการเผาได้ และนอกจากนี้ลักษณะโครงสร้างของเส้นใยยังมีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็ม ซึ่งเมื่อสัมผัสโดยตรงจะระคายเคืองต่อผิวหนัง และถ้าสูดเอาฝุ่นละอองของเซรามิกไฟเบอร์เข้าไป จะเกิดการสะสมที่ปอด ทำให้เป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งที่ปอด ลักษณะเช่นเดียวกับการสูดฝุ่นละอองของใยหิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานและประชากรในชุมชน

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงได้สนใจที่จะนำเซรามิกไฟเบอร์เก่าที่เสื่อมสภาพแล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเพื่อลดปัญหาที่ตั้งกล่าวมาข้างต้น โดยนำมาใช้เป็นตัวเติมในปริมาณไม่เกิน 10% ในเนื้อบอดี้ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับผลิตภัณฑ์เซรามิกเนื้อสโตนแวร์ นอกจากนี้การเติมเซรามิกไฟเบอร์จะช่วยลดปัญหาการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ ช่วยให้เพิ่มความสามารถในการเผาได้อีกด้วย โดยร่วมกับผู้ประกอบการผู้ผลิตลูกกรงแก้ว และยังเป็นการตอบนโยบายคำถามจากโครงการส่งเสริมการใช้เตาเผาเซรามิกประสิทธิภาพสูงของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงานอีกด้วย

ขั้นตอนการเตรียม

1. รวบรวมเซรามิกไฟเบอร์ที่เสื่อมสภาพแล้วจากโรงงานเซรามิก

2. ลดขนาดของเซรามิกไฟเบอร์ด้วยเครื่องปั่นความเร็วรอบสูง
3. ออกแบบส่วนผสมเนื้อดินสำหรับหล่อแบบผลิตภัณฑ์สโตนแวร์
4. เตรียมน้ำดินและศึกษาสมบัติและลักษณะทางกายภาพของน้ำดิน
5. ทดสอบการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบ
6. ศึกษาสมบัติและลักษณะเฉพาะของชิ้นงานสโตนแวร์ตัวอย่าง
7. คัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานจริง ในเรื่องสมบัติทางกายภาพและความสะดวกในการทำงาน

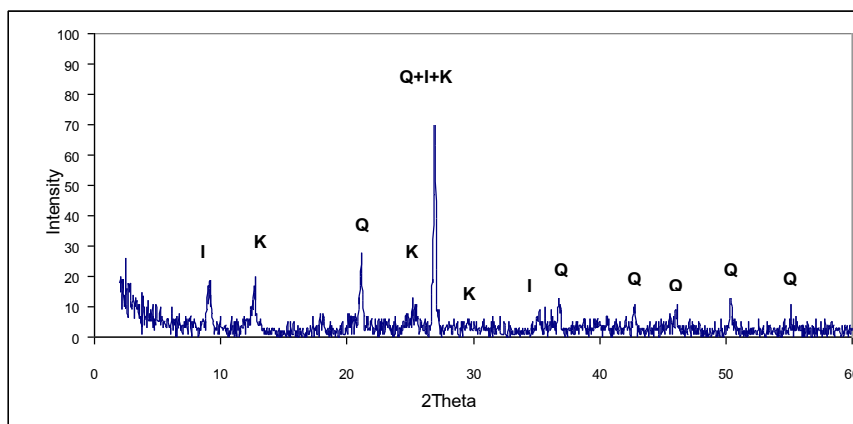
ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบเคมีของวัตถุดิบในเนื้อดินสโตนแวร์

องค์ประกอบ	วัตถุดิบ			
	ดินล่ำปางล่าง	K-feldspar	Na-K feldspar	Quartz
SiO ₂	58.4	65.15	67.17	99.83
Al ₂ O ₃	27.5	18.48	19.10	0.06
Fe ₂ O ₃	0.8	0.05	0.06	0.02
TiO ₂	0.06	0.03	0.07	0.04
CaO	0.25	0.19	0.83	0.01
MgO	0.79	0.03	0.06	-
K ₂ O	4.07	11.87	5.52	0.01
Na ₂ O	0.30	3.22	6.89	-
L.O.I	7.30	0.33	0.32	0.06

2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ (Mineralogical composition)



รูปที่ 1 XRD-pattern ของดินล่ำปางล่าง

ผลการวิเคราะห์ทางแร่ของดินลำปางล่าง ประกอบด้วย

ควอตซ์(Quartz)

อิลไลต์ (Illite)

เคโอลิไนท์(Kaolinite)

จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าแร่ที่เป็นองค์ประกอบหลักของดินลำปางล่างก็คือควอตซ์ (Quartz) ซึ่งจะเป็นโครงสร้างให้กับเนื้อดินหลังการเผาและควบคุมการหดตัว การแตกร้าวหลังจากการแห้งและถูกเผาซึ่งบางส่วนของควอตซ์จะหลอมเป็นแก้ว แต่ส่วนใหญ่จะเหลือในรูปผลึกควอตซ์หรือเรียกว่าควอตซ์ที่เหลืออยู่ช่วยสร้างความแข็งแรงให้กับผลิตภัณฑ์ รองลงมาก็เป็นเคโอลิไนท์ (Kaolinite) และอิลไลต์ (Illite) ซึ่งเคโอลิไนท์ (Kaolinite) เป็นตัวสร้างมัลไลต์ (Mullite) ขณะถูกเผา เสริมในเรื่องความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์หลังเผาได้ดี อิลไลต์ (Illite) ช่วยในเรื่องการขึ้นรูป คือ มีความเหนียวและยังทำหน้าที่ลดอุณหภูมิหลอมตัว (Flux) และช่วยลดอุณหภูมิจุดสุกตัวอีกด้วย

3. ผลการรวบรวมเซรามิกไฟเบอร์ที่เสื่อมสภาพ



รูปที่ 2 a) เซรามิกไฟเบอร์ที่ยังไม่เสื่อมสภาพ และ b) เซรามิกไฟเบอร์ที่เสื่อมสภาพ



รูปที่ 3 ลักษณะของเซรามิกไฟเบอร์ก่อนการบีบอัดขนาด

4. ผลการเตรียมวัตถุดิบและน้ำดิน

4.1 ผลการเตรียมเซรามิกไฟเบอร์

พบว่าเซรามิกไฟเบอร์มีลักษณะเป็นเส้นใยที่อัดตัวแน่น คล้ายสำลี หากนำเซรามิกไฟเบอร์เป็นก้อน ๆ มาบั่นกับน้ำดิน ไฟเบอร์จะกระจายตัวได้ไม่ดี เกาะกันเป็นกลุ่มก้อนดิน เมื่อนำไป

ปั้นด้วยเครื่องปั้นความเร็วสูง พบว่าสามารถลดขนาดได้ขนาดต่างๆ ตามระยะเวลาในการปั้น ดังนั้น ในงานวิจัยโครงการนี้จึงเลือกใช้วิธีการปั้นเพื่อลดขนาดเซรามิกไฟเบอร์ เพื่อศึกษาผลของขนาดเซรามิกไฟเบอร์ที่มีผลต่อชั้นบอดี้เนื้อดินสโตนแวร์จากโรงงานแหลมทอง ผลการทดลองพบว่า เซรามิกไฟเบอร์ขนาดต่างๆ มีผลต่อพฤติกรรมน้ำดิน ความสามารถในการขึ้นรูป สมบัติทางกายภาพของชิ้นงานหลังถอดแบบ และหลังการทำแห้ง ดังตาราง 2

4.2 ผลการหาเวลาในการปั้นลดขนาดของเซรามิกไฟเบอร์ที่เชื่อมสภาพที่เหมาะสมกับน้ำดินที่จะนำไปขึ้นรูป

ในการเตรียมได้ใช้น้ำดินจากโรงงานดินเผาแหลมทองเป็นน้ำดินพื้นฐาน จากนั้นเติมไฟเบอร์ที่ปั้นด้วยเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 วินาที ในปริมาณที่เท่ากันคือ 0.5 กรัมต่อน้ำดิน 1 กิโลกรัม หรือ 0.05% ของน้ำหนักน้ำดินของโรงงาน ปั้นผสมในแต่ละส่วนผสมเป็นเวลา 30 นาที ผลการทดลองพบว่า เมื่อเติมเซรามิกไฟเบอร์ในน้ำดินทำให้น้ำดินข้นขึ้น เทแบบได้ดี โดยแบบพิมพ์ที่ใช้ คือ แบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์สำหรับหล่อแท่งทดสอบขนาดความกว้าง x ยาว x หนา คือ 1 x 12 x 2 เซนติเมตร ส่วนผสมละ 20 แท่งทดสอบ



รูปที่ 4 การหล่อแท่งทดสอบและชิ้นงานตัวอย่าง

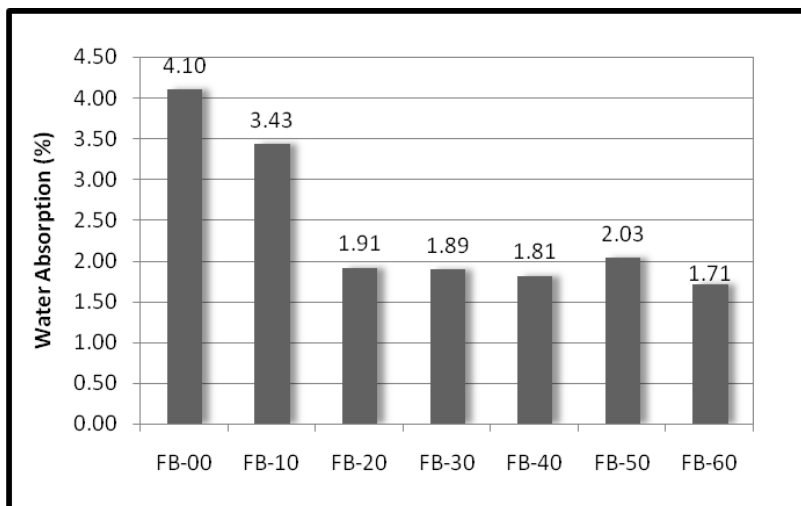
เมื่อใช้เวลาในการปั้นเซรามิกไฟเบอร์นานขึ้น ทำให้ไฟเบอร์มีขนาดสั้นลง ผลของเวลาในการปั้นเซรามิกไฟเบอร์ที่มีต่อน้ำดินหล่อลูกกรงแก้วของโรงงานแหลมทองแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของเวลาในการปั่นลดขนาดของเซรามิกไฟเบอร์ที่มีต่อสมบัติของน้ำดินและชั้นงานทดสอบปริมาณที่เติมในน้ำดิน 0.5 กรัม ต่อ น้ำหนักดิน 1 กิโลกรัม

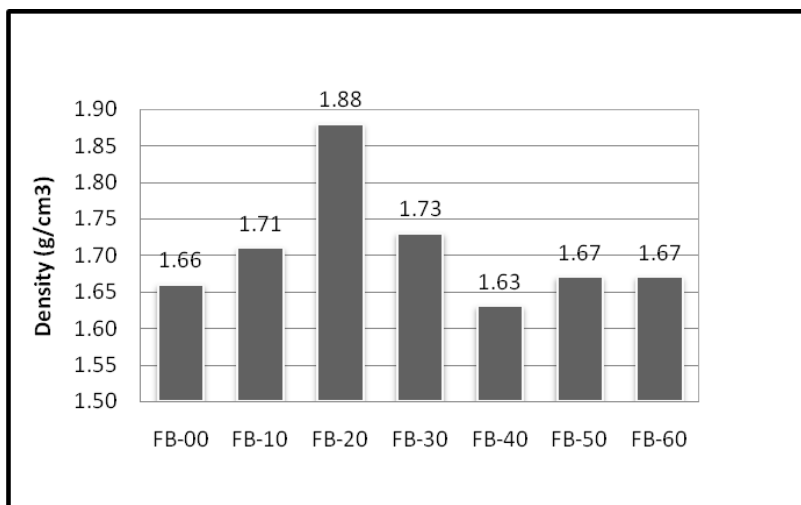
หัวข้อที่พิจารณา	น้ำดินที่เติมเซรามิกไฟเบอร์ที่ปั่นด้วยเวลาต่าง ๆ						
	ไม่เติม	10 วินาที	20 วินาที	30 วินาที	40 วินาที	50 วินาที	60 วินาที
ลักษณะน้ำดิน	น้ำดินไหลตัวดี หล่อแบบได้ง่าย	น้ำดินข้นมากขึ้น ไหลตัวดี หล่อแบบได้ง่าย อัตราหล่อแบบเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำดินเดิมที่ไม่ได้เติมเซรามิกไฟเบอร์					
Thixotropy	ไม่เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด
ความถ่วงจำเพาะ (g/cm^3)	1.63	1.67	1.65	1.67	1.67	1.66	1.67
MOR. ของชั้นงานเมื่อแห้ง (ksc)	13.08±2	14.84±2	18.58±2	20.52±2	13.34±2	12.65±2	15.76±2
MOR. ของชั้นงานหลังเผา (ksc)	397±5	524±5	577±5	465±5	453±5	430±5	438±5
%การดูดซึมน้ำโดยเฉลี่ย	4.10±0.5	3.43±0.5	1.91±0.5	1.89±0.5	1.81±0.5	2.03±0.5	1.71±0.5
%การหดตัวตามยาวเมื่อแห้งโดยเฉลี่ย	1.02±0.3	1.42±0.5	1.69±0.5	1.98±0.3	0.67±0.5	4.03±0.5	2.33±0.3
%การหดตัวตามยาวหลังเผาโดยเฉลี่ย	9.45±0.2	9.94±0.5	10.00±0.3	9.42±0.5	11.08±0.5	9.94±0.5	9.40±0.5

➤ คุณสมบัติของน้ำดินหล่อที่ใช้สำหรับพิจารณาเพื่อเลือกส่วนผสมน้ำดินที่เหมาะสม ดังนี้

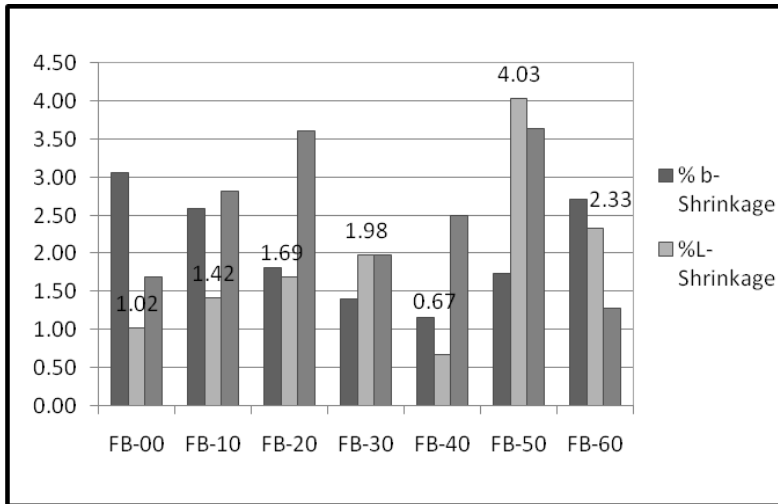
1. มีอัตราส่วนของดินมากและน้ำน้อยที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ เพื่อให้เนื้อดินหดตัวน้อย ถอดแบบได้เร็ว
2. น้ำดินต้องไหลตัวดี ไหลเป็นสายได้ไม่ขาดตอนเพื่อการเทดินออกจากแบบพิมพ์ ภายในก้นภาชนะเรียบไม่มีตำหนิของน้ำดินเป็นก้อน และเก็บรายละเอียดของแบบพิมพ์ได้ดี
3. ทั้งไว้นาน ๆ น้ำดินต้องไม่ตกตะกอน หรือแข็งตัวเป็นวุ้นในแบบพิมพ์ ทำให้เทดินที่เหลืออกจากแบบพิมพ์ไม่ได้



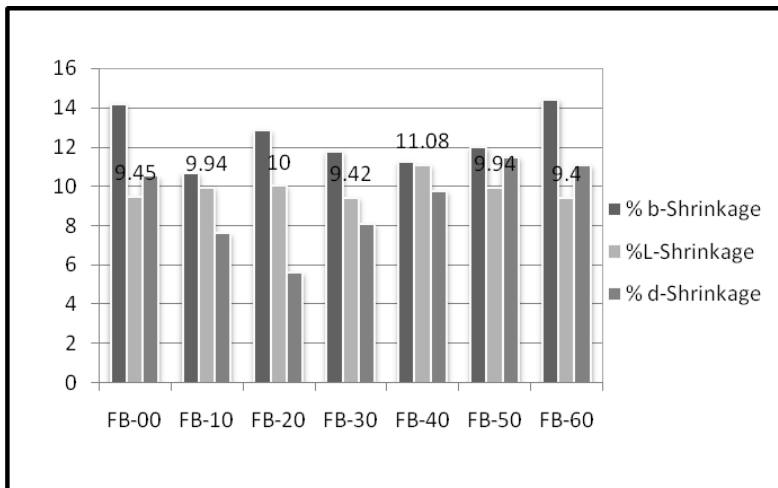
รูปที่ 5 ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานหลังเเผที่เติมเซรามิกไฟเบอร์ที่ผ่านการบั่นลดขนาดด้วยเวลาต่างๆ ในปริมาณที่เติมในน้ำดิน 0.5 กรัม ต่อ น้ำหนักดิน 1 กิโลกรัม



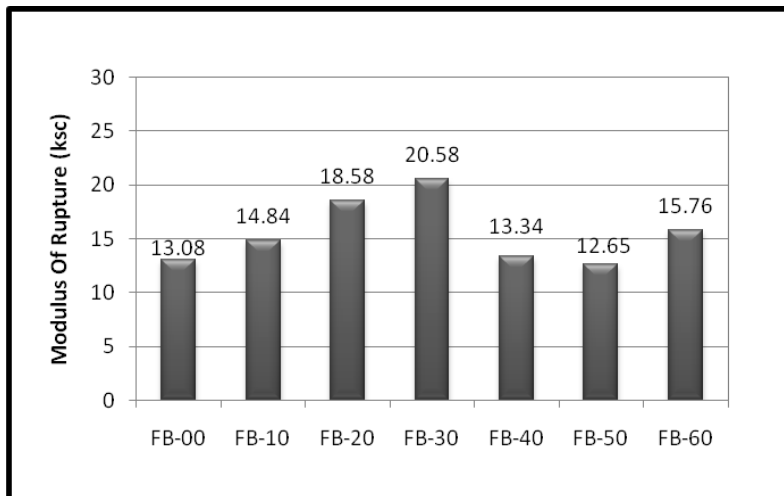
รูปที่ 6 ค่าความหนาแน่นของชิ้นงานหลังเเผที่เติมเซรามิกไฟเบอร์ที่ผ่านการบั่นลดขนาดด้วยเวลาต่างๆ ในปริมาณที่เติมในน้ำดิน 0.5 กรัม ต่อ น้ำหนักดิน 1 กิโลกรัม



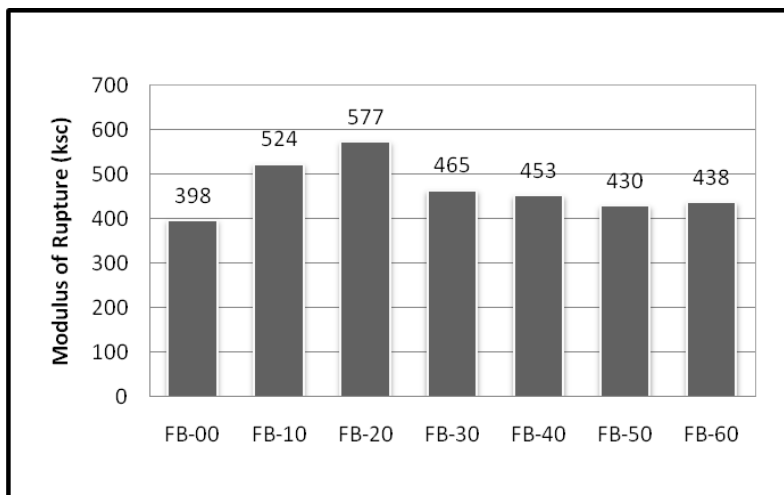
รูปที่ 7 การหดตัวของชิ้นงานเมื่อแห้งที่เติมเซรามิกไฟเบอร์ที่ผ่านการบั่นลดขนาดด้วยเวลา
ต่างๆ ในปริมาณที่เติมในน้ำดิน 0.5 กรัม ต่อ น้ำหนักดิน 1 กิโลกรัม



รูปที่ 8 การหดตัวของชิ้นงานหลังเผาที่เติมเซรามิกไฟเบอร์ที่ผ่านการบั่นลดขนาดด้วยเวลา
ต่างๆ ในปริมาณที่เติมในน้ำดิน 0.5 กรัม ต่อ น้ำหนักดิน 1 กิโลกรัม



รูปที่ 9 โมดูลัสการแตกหักของชิ้นงานเมื่อแห้งที่เติมเซรามิกไฟเบอร์ที่ผ่านการบั่นลดขนาดด้วยเวลาต่างๆ ในปริมาณที่เติมในน้ำดิน 0.5 กรัม ต่อ น้ำหนักดิน 1 กิโลกรัม



รูปที่ 10 โมดูลัสการแตกหักของชิ้นงานหลังเผาที่เติมเซรามิกไฟเบอร์ที่ผ่านการบั่นลดขนาดด้วยเวลาต่างๆ ในปริมาณที่เติมในน้ำดิน 0.5 กรัม ต่อ น้ำหนักดิน 1 กิโลกรัม

➤ หลักในการพิจารณาเพื่อเลือกขนาดเซรามิกไฟเบอร์เพื่อนำมาใช้เติมในน้ำดินเดิมของโรงงาน

1. ความสามารถในการขึ้นรูป
2. ความสามารถในการอบแห้ง
3. ความแข็งแรงของชิ้นงานเมื่อแห้ง
4. ความแข็งแรงของชิ้นงานหลังเผา

จากการศึกษาในหัวข้อดังกล่าว พบว่าเซรามิกไฟเบอร์เมื่อนำไปปั้นด้วยเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 วินาที แล้วนำไปเติมในน้ำดินในสัดส่วน เซรามิกไฟเบอร์ 0.5 กรัม ต่อน้ำดิน 1 กิโลกรัม จะทำให้น้ำดินข้นขึ้นเล็กน้อย สามารถนำไปหล่อแบบได้ง่ายเมื่อน้ำดินเดิมที่ไม่ได้เติมเซรามิกไฟเบอร์ แต่พบว่าชิ้นงานที่เติมไฟเบอร์ถอดแบบได้ง่ายกว่า เมื่อนำไปอบแห้งพบว่าชิ้นงานที่ไม่ได้เติมไฟเบอร์หดตัว 1.02% และชิ้นงานที่เติมไฟเบอร์หดตัวมากกว่า และขนาดของไฟเบอร์มีผลต่อการหดตัวของชิ้นงาน คือ จากการปั้นด้วยเวลาที่นานขึ้นจะได้ไฟเบอร์ที่มีขนาดละเอียดขึ้น ชิ้นงานจะหดตัวตามยาวมากขึ้น แต่การหดตัวดังกล่าวต่างกันในช่วง 0.40 – 1.20% ดังนั้น จึงพิจารณาจากความแข็งแรงเมื่อแห้ง พบว่าไฟเบอร์ที่ใช้เวลาในการปั้น 10, 20 และ 30 วินาที มีผลให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงมากขึ้นกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้เติมไฟเบอร์ แต่เมื่อปั้นด้วยเวลาที่มากกว่า 30 วินาที จะทำให้อายุการใช้งานมีความแข็งแรงลดลง จากการนำไปเผาที่อุณหภูมิการเผาของโรงงาน คือ 1230 องศาเซลเซียส แล้วเปรียบเทียบผลของเวลาที่ใช้ปั้นเซรามิกไฟเบอร์พบว่าไฟเบอร์ที่ใช้เวลาในการปั้น 20 วินาที สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับเนื้อดินจากเดิม คือ จากเดิมมีค่าโมดูลัสการแตกหัก 398 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพิ่มขึ้นเป็น 577 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมากขึ้นจากเดิม 44% เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าโมดูลัสการแตกหักของชิ้นงานแห้ง พบว่าเซรามิกไฟเบอร์ที่ใช้เวลาในการปั้น 20 วินาที สามารถเพิ่มความแข็งแรงจากเดิม มีค่าโมดูลัสการแตกหัก 13.08 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพิ่มขึ้นเป็น 18.58 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งมากขึ้นจากเดิม 42.05%

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จึงได้พิจารณาเลือกเวลาที่เหมาะสมสำหรับการปั้นเซรามิกไฟเบอร์ คือ บดด้วยเวลา 20 วินาที มาศึกษาต่อเพื่อนำไปสู่ส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานจริง

สรุปผลการทดลอง

จากผลการวิจัยพบว่า สามารถพิจารณาเลือกวิธีการปั้นเซรามิกไฟเบอร์ที่เหมาะสม คือ การตีปั้นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง ใช้เวลาในการปั้น 20 วินาที การเติมเซรามิกไฟเบอร์มีผลทำให้อายุการใช้งานมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น มีการดูดซึมน้ำต่ำลง และมีความแข็งแรงของชิ้นงานเพิ่มมากขึ้น โดยจำแนกเป็นความแข็งแรงของชิ้นงานเมื่อแห้งเพิ่มขึ้นจากเดิม 42.05% และความแข็งแรงของชิ้นงานหลังเผาเพิ่มขึ้นจากเดิม 44.32% จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงสามารถเลือกใช้เซรามิกไฟเบอร์ที่ปั้นด้วยเวลา 20 วินาที ไปใช้เติมในน้ำดินเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมในการเติมในน้ำดินของโรงงานดินเผาแหลมทอง ที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงาน ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้น และปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ พบว่าการเติมเซรามิกไฟเบอร์ในปริมาณ 0.5 กรัม ต่อน้ำดิน 1 กิโลกรัม จะได้ชิ้นงานที่มีความแข็งแรงมากที่สุด หล่อแบบและถอดแบบได้ดี น้ำดินค่อนข้างคงที่ การทำงานไม่ยุ่งยาก เพราะในขั้นตอนการปั้นเซรามิกไฟเบอร์ใช้เวลาเพียง 20 วินาที เท่านั้น ใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้ชิ้นงานก่อนอบแห้งและหลังอบแห้งได้ถึง 42.05% ความแข็งแรงหลังเผาเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด คือ ก่อนเติมเซรามิกไฟเบอร์ชิ้นงานหลังเผามีค่าโมดูลัสการแตกหัก 398 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เพิ่มขึ้นเป็น 577 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือกล่าวได้ว่ามีความแข็งแรงหลังเผาเพิ่มขึ้น 44% หลังจากนั้นได้ทดลองเตรียมเนื้อดิน

ปั้นสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีการอื่น ผลการทดลองพบว่าเนื้อดินปั้นที่มีส่วนผสมของเซรามิกไฟเบอร์สามารถขึ้นรูปได้ดี และมีความแข็งแรงก่อนและหลังเผาที่ดี แต่ไม่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ลูกกรงแก้ว ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเนื้อดินดังกล่าวนี้ไปใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ นอกเหนือจากลูกกรงแก้ว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจากโครงการพัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการ อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยมาโดยตลอด จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ และขอขอบคุณภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และโรงงานดินเผาแหลมทองสำหรับสถานที่และวัสดุอุปกรณ์ในการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนะ แก้วกำเนิด. (2541). วัสดุทนไฟ (พิมพ์ครั้งที่ 1). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีเซรามิก.
- ทรงพันธ์ วรรณมาศ. (2545). พจนานุกรม-สารานุกรมเคมีภัณฑ์และวัตถุดิบที่ใช้ในงานเซรามิก (พิมพ์ครั้งที่ 1). เชียงใหม่: โอปิม เพรส สตูดิโอ.
- ปริดา พิมพ์ขาว. (2547). เซรามิกส์ (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิก (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- วลดา พันธุ์สุขุมธนา. (2551). การพัฒนาเซรามิกเนื้ออะลูมินาสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม. บทความวิทยุกระจายเสียง รายการ วันนี้กับวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 1 กระจายเสียงจากสถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย, ประจำเดือน มีนาคม 2551.
- ศักดิ์พล เทียนเสม. (2548). เอกสารการสอนวิชา 209316. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีเซรามิก.
- ศักดิ์พล เทียนเสม. (2547). Introduction to Ceramic (พิมพ์ครั้งที่ 1). เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีเซรามิก.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2552). เตาเผาประสิทธิภาพสูง. ค้นเมื่อ 9 มกราคม 2553, จาก <http://www.erd.or.th>
- สำนักงานจังหวัดลำปาง. ข้อมูลการท่องเที่ยวเบ็ดเสร็จจังหวัดลำปาง. ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2553, จาก <http://www.lampang.go.th/travel/data/ceramic.htm>
- China suppliers. (2007). ceramic fiber. Retrieved 19 January, 2011, <http://cnbm2007.en.made-in-china.com/product/NqeQZiPchmIn/China-Ceramic-Fiber.html>
- Freepatentonline. (2008). ceramic fiber. Retrieved 19 January, 2011, <http://www.freepatentsonline.com/6444600.html>

- Yiping, M. (2009). Properties of ceramic fiber reinforced cement composites. *Cement and Concrete Research*, 35, 296 – 300.
- Ryan, W. & Radford, C. (1997). *Whitewares: Production, Testing and Quality Control*. Institute of materials, London.
- Michel, W.B. (1997). *Industrial Ceramic Raw Materials* (International Edition). England: Pergamon Press.
- Ryan, W. (1998). *Fundamentals of Ceramics* (2nd Edition). Singapore.