รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

สูตรผสมอะลูมินาพรุนที่มีการหดตัวต่ำ

สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

เคมีและวัสดุศาสตร์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับอะลูมินาพรุนที่มีการหดตัวต่ำ

ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

เซรามิกพรุน (porous ceramic) มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมหลายชนิด เนื่องจากสมบัติที่โดดเด่นหลายประการ ได้แก่ มีความแข็งแรงเชิงกลที่ดี สามารถทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดี สามารถทนอุณหภูมิสูงได้ดี มีความพรุนตัว และมีการกระจายของรูพรุนอย่างสม่ำเสมอ มีความสามารถในการซึมผ่าน มีพื้นที่ผิวสูง มีน้ำหนักเบา

ตัวอย่างการนำเซรามิกพรุนไปใช้งาน เช่น

อุตสาหกรรมการกรองและเมมเบรนสำหรับการแยกก๊าซและของเหลว เช่น นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมเบียร์และไวน์ อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมทางชีวภาพ อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมี อุตสาหกรรมสิ่งทอ การทำน้ำให้บริสุทธิ์ และการบำบัดน้ำ

อุตสาหกรรมวัสดุทนไฟ เช่น ท่อที่ใช้ป้องกันความร้อนสำหรับเทอร์โมคัปเปิล ท่อโรลเลอร์ที่ใช้ในเตาเผาอุณหภูมิสูง และเฟอร์นิเจอร์อื่นๆ ในเตาเผา

ตัวรองรับคะตะลิสต์สำหรับกระบวนการเปลี่ยนสภาพ (Reforming) ของก๊าซชนิดต่างๆ

วิธีการขึ้นรูปเซรามิกพรุนมีหลายวิธี ทั้งนี้ เจลคาสติ้ง (Gel casting) เป็นกระบวนการขึ้นรูปเซรามิกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เป็นกระบวนการที่ทำให้ผงเซรามิกเกิดความแข็งแรงและคงรูปร่างอยู่ได้ด้วยการเกิดพอลิเมอร์ที่มีลักษณะแข็งซึ่งสามารถคงอนุภาคเซรามิกไว้ภายในได้ กระบวนการเจลคาสติ้งนี้มีทั้งระบบที่ใช้น้ำและไม่ใช้น้ำ แต่ระบบที่ใช้น้ำจะปลอดภัยต่อสุขภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า

เจลคาสติ้งสามารถนำมาใช้ในการขึ้นรูปเซรามิกขั้นสูง ผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ แม่แบบที่ใช้หาได้ง่ายและมีราคาถูก สามารถผลิตชิ้นส่วนเซรามิกที่มีความซับซ้อนได้ สามารถผลิตได้ครั้งละจำนวนมาก ชิ้นงานก่อนเผามีความแข็งแรงสูง สามารถตัดแต่งรูปร่างตามต้องการได้โดยไม่เกิดการแตกหัก มีความเป็นเนื้อเดียวกัน มีส่วนผสมที่เป็นสารอินทรีย์ต่ำและมีสารช่วยประสานที่เผากำจัดออกได้ง่าย และเป็นวิธีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการขึ้นรูปได้ทั้งเซรามิกและโลหะ โดยวัสดุที่ถูกนำมาใช้ในการทำให้เกิดพอลิเมอร์ในกระบวนการเจลคาสติ้งนี้มีทั้งแบบที่เกิดจากธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ขึ้นจากปฏิกิริยา

polymerization ซึ่งพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นนี้จะให้ความหนา ให้ความเป็นเจล และให้แรงยึดติดภายในชิ้นงาน โดยเจลของพอลิเมอร์จะทำหน้าที่เป็นกาว ให้ความแข็งแรงแก่ชิ้นงานก่อนเผา ซึ่งจะทำให้สามารถแกะออกจากแม่แบบได้ง่าย ตัวอย่างพอลิเมอร์แบบธรรมชาติ ได้แก่ วุ้น (เจลาติน) แป้ง (starch) เซลลูโลส โปรตีน หรือ agar เป็นต้น ซึ่งมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถถูกเผากำจัดออกจากชิ้นงานได้ง่าย และมีราคาถูก

พอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์จากปฏิกิริยา polymerization นั้นมีข้อดีในด้านสามารถให้ความแข็งแรงแก่ชิ้นงานได้ดีและมีความเป็นเนื้อเดียวกัน อย่างไรก็ดี จะมีความเป็นพิษต่อร่างกายคนและบางชนิดอาจถูกเผากำจัดออกจากชิ้นงานได้ยาก ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

สำหรับการใช้แป้งซึ่งเป็นพอลิเมอร์จากธรรมชาติในการทำให้เกิดเป็นเจลนั้น เจลของแป้งจะทำหน้าที่เป็นกาวที่ทำให้เกิดแรงยึดติดในชิ้นงาน ให้ความแข็งแรงแก่ชิ้นงานก่อนเผา และยังทำหน้าที่เป็นตัวช่วยกักเก็บฟองอากาศที่เกิดจากสารที่ทำให้เกิดฟองให้คงอยู่ภายในเนื้อเซรามิก ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานเกิดความพรุนตัวได้ ซึ่งในการทำแป้งให้เกิดเป็นเจลสามารถทำได้โดยการให้ความร้อนแก่แป้งที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลาไม่นานจะเกิดเป็นเจลขึ้น เม็ดแป้งจะเกิดการบวมโตขึ้นเมื่ออยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้รูปร่างของชิ้นงานเซรามิกก่อนเผาสามารถเกิดความแข็งแรงและคงรูปร่างอยู่ได้ โดยการขึ้นรูปในแม่แบบที่ไม่พรุน เช่น แม่แบบพลาสติก หรือ แม่แบบเทฟลอน เป็นต้น ดังเช่น

E. Gregorová และ W. Pabst, Journal of the European Ceramic Society 27 (2007) 669-672 ทดลองทำการขึ้นรูปอะลูมินาพรุน โดยมีการควบคุมความพรุนตัวและขนาดรูพรุนที่เกิดจากวิธี starch consolidation technique เป็นการขึ้นรูปโดยอาศัยการทำให้เกิดความแข็งแรงด้วยการแข็งตัวของแป้ง พบว่าสามารถทำให้อะลูมินาเกิดความพรุนได้ 25-50 เปอร์เซ็นต์ โดยความพรุนที่ต่ำหรือสูงกว่านี้สามารถทำได้ยากโดยวิธีนี้ ทั้งนี้ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมขนาดของรูพรุนคือการเลือกชนิดของแป้ง โดยแป้งมันฝรั่งมีขนาดใหญ่ที่สุด (ทำให้เกิดรูพรุนขนาด 50 ไมครอน) และแป้งข้าวโพดมีขนาดเล็กที่สุด (ทำให้เกิดรูพรุนขนาด 14 ไมครอน) โดยแป้งสาลีมีขนาดปานกลาง (ทำให้เกิดรูพรุนขนาด 20 ไมครอน) ได้ทำการเตรียมชิ้นงานโดยใช้น้ำสลิปอะลูมินาที่มีผงอะลูมินา 70-80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผสมกับแป้งจำนวน 10 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (ให้สัมพันธ์กับปริมาณของผงเซรามิก) เทใส่แม่แบบโลหะและให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง และเผาผนึกที่ 1570 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง จะได้ชิ้นงานอะลูมินาที่มีความพรุน อย่างไรก็ดี วิธีการดังกล่าวสามารถเตรียมชิ้นงานที่มีความพรุน 25-50 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น

บทความวิชาการ เรื่อง Effect of starch addition on microstructure and properties of highly porous alumina ceramics โดย Sa Li, Chang-An Wangn, และ Jun Zhou เปิดเผยการเตรียมอะลูมินาพรุนโดยวิธีเจลคาสติ้ง ส่วนผสมสำหรับเตรียมอะลูมินาพรุนดังกล่าวประกอบด้วย แป้งทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดรูพรุนและเป็นสารเชื่อมประสาน (binder), TBA เป็นตัวทำละลาย, อะคริลาไมด์ (acrylamide ($C_2H_3CONH_2$)) เป็นมอนอเมอร์, เมทิล บิสอะคริลาไมด์ (methylene bisacrylamide, $(C_2H_3CONH)_2CH_2$) เป็นสารเชื่อมขวาง (cross linker), และ ammonium persulfate เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา (initiator) และ

N,N,N,N- ไตรเมทิลเอทิลลีนไดเอมีน (N,N,N,N-tetramethylethylenediamine) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) สำหรับปฏิกิริยาการเกิดเจล ชิ้นงานที่ได้แม้ว่าจะมีความพรุนตัวสูงสุดถึง 81.1 เปอร์เซ็นต์ โดยต้องใช้แป้งถึง 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่ชิ้นงานดังกล่าวยังมีปัญหาการหดตัวสูงถึง 19 เปอร์เซ็นต์

จะเห็นได้ว่าสูตรผสมที่มีการใช้สารให้ความเหนียวจากแป้งดังกล่าวในการเตรียมอะลูนาที่มีความพรุนตัวสูง จะมีข้อควรระวังในเรื่องการแตกร้าวบิดเบี้ยวโก่งงอของชิ้นงาน และการหดตัวสูง ซึ่งมักจะพบในขั้นตอนการทำให้ชิ้นงานแห้งและขั้นตอนการเผาผนึก นอกจากนี้สารพอลิเมอร์เหล่านี้ยังไม่สามารถกักเก็บฟองอากาศที่เกิดขึ้นในเนื้อเซรามิกได้ดีพอ มีความไม่เสถียรของฟองอากาศที่เกิดขึ้น

ลักษณะและความมุ่งหมายการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสูตรผสมอะลูมินาพรุนสำหรับใช้ในการขึ้นรูปด้วยเทคนิคเจลคาสติ้ง (Gel casting) โดยเตรียมจากน้ำสลิปอะลูมินา ที่ประกอบไปด้วย อะลูมินาสเลอรี่ ที่ประกอบด้วยผงอะลูมินา 43-53 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอะลูมินาสเลอรี่ และ น้ำ 47-57 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอะลูมินาสเลอรี่, แป้ง 1-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา, สารลดแรงตึงผิว 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา และ แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต 21-29 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา

จุดมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้เพื่อพัฒนาการเตรียมอะลูมินาพรุนที่มีความพรุนตัวสูง โดยที่มีการหดตัวต่ำจนเกือบไม่หดตัวเลย ไม่มีการโก่งงอบิดเบี้ยวเกิดขึ้น ได้ชิ้นงานก่อนเผาที่แข็งแรง สามารถทำการตัดแต่งเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ตามต้องการโดยไม่เกิดการแตกหัก เมื่อทำการเผาผนึกจะได้อะลูมินาพรุนที่มีความแข็งแรงและไม่มีการหดตัวเพิ่มขึ้นหลังการเผาผนึก

วัตถุประสงค์อีกประการของการประดิษฐ์นี้ คือ เพื่อพัฒนาสูตรผสมอะลูมินาที่มีความหนาแน่นต่ำ (น้อยกว่า 1 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

วัตถุประสงค์ประการถัดมา คือ การพัฒนาสูตรผสมอะลูมินาพรุนที่มีสมบัติต่างๆ เหมาะสมสำหรับการใช้งานต่างๆ โดยเฉพาะการใช้งานเป็นผนังเตาเผา แผ่นรองในเตาเผา ตัวกรองของเหลวต่างๆ ในระดับการกรองหยาบ เป็นต้น

คำอธิบายรูปเขียนโดยย่อ

รูปที่ 1 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ซึ่งแสดงโครงสร้างจุลภาคของเนื้อเซรามิกอะลูมินาพรุนตามการประดิษฐ์นี้ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

รูปที่ 2 แสดงภาพถ่ายชิ้นงานที่เตรียมได้จากสูตรผสมตามการประดิษฐ์นี้เทียบกับสูตรอื่นๆ โดย (ก) ตัวอย่างที่ 1 (ตามการประดิษฐ์นี้), (ข) ตัวอย่างที่ 2, (ค) ตัวอย่างที่ 3 และ (ง) ตัวอย่างที่ 4

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับสูตรผสมสำหรับเตรียมอะลูมินาที่มีความพรุนตัวสูง มีการกระจายของรูพรุนที่สม่ำเสมอ และมีความหนาแน่นต่ำ โดยการเติมแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต ซึ่งนอกจากจะให้อะลูมินาที่มีความพรุนตัวสูง การกระจายตัวของรูพรุนสม่ำเสมอ และความหนาแน่นต่ำแล้ว อะลูมินาที่ได้ยังมีการหดตัวต่ำ และมีความแข็งแรงกดเพียงพอสำหรับการนำไปใช้งานเป็น ผนังเตาเผา แผ่นรองในเตาเผา ตัวกรองของเหลวในระดับการกรองหยาบ เป็นต้น

สูตรส่วนผสมสำหรับเตรียมอะลูมินาพรุนตามการประดิษฐ์นี้ ประกอบด้วยส่วนประกอบดังนี้

- อะลูมินาสเลอรี่ ที่ประกอบด้วยผงอะลูมินา ปริมาณ 43-53 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอะลูมินาสเลอรี่ และ น้ำ ปริมาณ 47-57 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอะลูมินาสเลอรี่
- แป้ง 1-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา
- สารลดแรงตึงผิว 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา; และ
- แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต 21-29 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา

การใช้แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตมาช่วยในการขึ้นรูปในกระบวนการเจลคาสติ้งตามการประดิษฐ์นี้ ยังพบอีกว่าสามารถช่วยกระจายตัวของฟองอากาศที่เกิดจากสารที่ให้ฟอง (โซเดียมลอรีลซัลเฟต) ได้ดีกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว ซึ่งทำหน้าที่กักเก็บฟองอากาศไว้ได้อย่างเดียว แต่ไม่ได้ทำหน้าที่ช่วยกระจายฟองอากาศที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีความหนืดมาก ทำให้ฟองอากาศรวมกันอยู่บริเวณด้านล่างของเนื้ออะลูมินา ทำให้เกิดความพรุนตัวน้อยและไม่สม่ำเสมอ (พบว่าชิ้นงานด้านบนไม่พรุน จะมีความพรุนตัวเฉพาะด้านล่างของชิ้นงาน) รวมทั้งแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตยังช่วยกักเก็บฟองอากาศที่เกิดขึ้นให้คงอยู่ในเนื้อเซรามิก

แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตจึงสามารถทำหน้าที่ได้ถึงสองอย่างในเวลาเดียวกันคือทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่ชิ้นงานก่อนเผา สามารถคงรูปร่างได้ดี ชิ้นงานแข็งตัวเร็ว และแห้งเร็ว ไม่เกิดการบิดเบี้ยวเสียรูป และทำหน้าที่ในการช่วยกักเก็บและกระจายฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากสารที่ให้ฟองอากาศ หรือฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการกวนแรงๆ ให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงาน

แป้งที่สามารถใช้ได้ในการประดิษฐ์นี้ เลือกได้จากกลุ่มที่ประกอบด้วย แป้งข้าวโพด, แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี หรือ ส่วนผสมของสารดังกล่าว

สารลดแรงตึงผิวที่สามารถใช้ได้ในการประดิษฐ์นี้ ได้แก่ โพลิอีเทอร์ ฟอสเฟต เอสเทอร์ (Polyether phosphate ester) เช่น Triton QS-44, โซเดียมลอรีลซัลเฟต, น้ำตาลทราย, โปรตีนถั่วเหลือง และส่วนผสมของสารดังกล่าว

อะลูมินาพรุนตามการประดิษฐ์นี้ สามารถนำไปใช้ในงานได้หลากหลาย โดยเฉพาะกับการใช้เป็นแผ่นรองในเตาเผา ผนังเตาเผา ตัวกรองของเหลวต่างๆ ในระดับการกรองหยาบ เป็นต้น

กระบวนการเตรียมอะลูมินาพรุน โดยใช้วิธีเจลคาสติ้ง มีขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมน้ำสลิปอะลูมินา จะแบ่งน้ำในส่วนผสมออกเป็น 2 ส่วน โดยน้ำส่วนแรก 32-40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอะลูมินาสเลอรี่ ผสมกับสารตัวเติมที่ประกอบด้วยส่วนผสมของแป้ง 1-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา สารช่วยกระจายตัวฟองอากาศ (จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เช่นกัน) โดยสารช่วยกระจายฟองส่วนที่ 1 มีปริมาณ 0.05-0.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา (จะทำหน้าที่ช่วยลดความเหนียวของสารให้ความเหนียว เพื่อให้การกระจายตัวของฟองอากาศมีอย่างสม่ำเสมอ) จากนั้นกวนส่วนผสมที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนกลายเป็นเจล ยกออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง และเติมสารลดแรงตึงผิว 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา กวนจนละลายหมด

2. เติมผงอะลูมินา 43-53 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอะลูมินาสเลอรี่ น้ำส่วนที่ 2 11-19 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอะลูมินาสเลอรี่ และสารช่วยกระจายตัวฟองอากาศส่วนที่ 2 21-29 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา ลงในส่วนผสมที่เตรียมได้ในข้อที่ 1 กวนจนส่วนผสมเข้ากัน

3. นำน้ำสลิปอะลูมินาที่เตรียมได้ในข้อ 2 เทใส่แม่แบบ เช่น แม่แบบเทฟลอนหรือแม่แบบพลาสติก เป็นต้น ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 3-5 ชั่วโมง นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส 10-15 ชั่วโมง และถอดแม่แบบออก

4. นำชิ้นงานที่เตรียมได้ในข้อ 3 อบที่อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส 5-10 ชั่วโมง แล้วนำไปเผาผนึกที่อุณหภูมิ 1450-1550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง

ต่อไปจะเป็นการยกตัวอย่างการประดิษฐ์เพื่อให้เข้าใจการประดิษฐ์ได้ดียิ่งขึ้น โดยมิได้เป็นการจำกัดแต่อย่างใด

ตัวอย่างที่ 1 (ตามการประดิษฐ์นี้)

บดผสมส่วนผสมที่ประกอบไปด้วย น้ำส่วนที่หนึ่ง 24 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 1 กรัม และแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตส่วนที่หนึ่ง 0.05 กรัม จากนั้นกวนส่วนผสมที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกลายเป็นเจล ยกออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง และเติมโซเดียมลอรีลซัลเฟต 0.1 กรัม เพื่อให้เกิดฟองอากาศ กวนจนละลายหมด จากนั้นเติมผงอะลูมินา 32 กรัม น้ำส่วนที่สอง 10 กรัม และแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตส่วนที่สอง 8 กรัม กวนจนส่วนผสมเข้ากัน เทใส่แม่แบบเทฟลอนหรือแม่แบบพลาสติก ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5 ชั่วโมง เนื้ออะลูมินาจะเริ่มแข็งตัว จากนั้นนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 ชั่วโมง และถอดแม่แบบออก นำชิ้นงานที่ได้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง จะได้ชิ้นงานที่มีเนื้อพรุนสม่ำเสมอและมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีความแข็งแรงเพียงพอต่อการตัดแต่งรูปร่างได้ แล้วนำไปเผาผนึกที่อุณหภูมิ 1450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ชิ้นงานอะลูมินาพรุนที่มีความแข็งแรงเพียงพอ หดตัวต่ำ ไม่โก่งงอ มีความพรุนตัวสูงและมีการกระจายตัวของรูพรุนที่สม่ำเสมอ

ตัวอย่างที่ 2 (สำหรับเปรียบเทียบ) :

สูตรผสมที่ประกอบด้วย น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง + อะลูมินา

บดผสมส่วนผสมที่ประกอบไปด้วย น้ำ (ส่วนที่หนึ่ง) 24 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 1 กรัม (เพื่อใช้เป็นตัวเชื่อมประสานและกักเก็บฟอง) จากนั้นกวนส่วนผสมที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกลายเป็นเจล หนืดใส ยกออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมผงอะลูมินา 32 กรัม และน้ำส่วนที่สอง 10 กรัม กวนจนส่วนผสมเข้ากัน เทใส่แม่แบบเทฟลอนหรือแม่แบบพลาสติก ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5 ชั่วโมง เนื้ออะลูมินาจะเริ่มแข็งตัว จากนั้นนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 ชั่วโมง และถอดแม่แบบออก นำชิ้นงานที่ได้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง แล้วนำไปเผาผนึกที่อุณหภูมิ 1450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ชิ้นงานที่มีการหดตัวมาก เนื้อละเอียดเรียบเนียน ไม่เห็นรูพรุนด้วยตาเปล่า และโก่งงอบิดเบี้ยว

ตัวอย่างที่ 3 (สำหรับเปรียบเทียบ) :

สูตรผสมที่ประกอบด้วย น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง + โซเดียมลอรีลซัลเฟต + อะลูมินา

บดผสมส่วนผสมที่ประกอบไปด้วย น้ำ (ส่วนที่หนึ่ง) 24 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 1 กรัม (เพื่อใช้เป็นตัวเชื่อมประสานและกักเก็บฟอง) จากนั้นกวนส่วนผสมที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกลายเป็นเจล หนืดใส ยกออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง และเติมโซเดียมลอรีลซัลเฟต 0.1 กรัม เพื่อให้เกิดฟองอากาศ กวนจนละลายหมด จากนั้นเติมผงอะลูมินา 32 กรัม และน้ำส่วนที่สอง 10 กรัม กวนจนส่วนผสมเข้ากัน เทใส่แม่แบบเทฟลอนหรือแม่แบบพลาสติก ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5 ชั่วโมง เนื้ออะลูมินาจะเริ่มแข็งตัว จากนั้นนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 ชั่วโมง และถอดแม่แบบออก พบว่าชิ้นงานเกิดการติดแม่แบบ ชิ้นงานแตกร้าว เนื้อละเอียด และชิ้นงานด้านบนมีความพรุนตัวน้อย ด้านล่างมีความพรุนตัวมาก จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง แล้วนำไปเผาผนึกที่อุณหภูมิ 1450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่ 4 (สำหรับเปรียบเทียบ) :

สูตรผสมที่ประกอบด้วย น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง + แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต + อะลูมินา

บดผสมส่วนผสมที่ประกอบไปด้วย น้ำ (ส่วนที่หนึ่ง) 24 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 1 กรัม (เพื่อใช้เป็นตัวเชื่อมประสานและกักเก็บฟอง) จากนั้นกวนส่วนผสมที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกลายเป็นเจล หนืดใส ยกออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง เติมผงอะลูมินา 32 กรัม น้ำส่วนที่สอง 10 กรัม และแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต 8 กรัม กวนจนส่วนผสมเข้ากัน เทใส่แม่แบบเทฟลอนหรือแม่แบบพลาสติก ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5 ชั่วโมง เนื้ออะลูมินาจะเริ่มแข็งตัว จากนั้นนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 ชั่วโมง และถอดแม่แบบออก จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง แล้วนำไปเผาผนึกที่อุณหภูมิ 1450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

จากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการเผามาวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ได้แก่ ความหนาแน่น ความพรุนตัว การกระจายตัวของรูพรุน การหดตัว และความแข็งแรงกด

ผลการทดลอง

หลังทำการเผาชิ้นงานอะลูมินาพรุนที่มีสูตรส่วนผสมตามการประดิษฐ์นี้ที่อุณหภูมิ 1450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ได้ชิ้นงานที่มีความพรุนตัวสูง มีการกระจายตัวของรูพรุนที่สม่ำเสมอ ความหนาแน่นต่ำ และมีความแข็งแรงเพียงพอ มีการหดตัวต่ำไม่โก่งงอ

เมื่อนำชิ้นงานดังกล่าวไปตรวจสอบการกระจายตัวของรูพรุนด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) ดังแสดงใน**รูปที่ 1** พบว่าโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานมีลักษณะเป็นรูพรุน มีความพรุนตัวสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงาน

เมื่อนำไปตรวจสอบความหนาแน่นและความพรุนตัว ดังแสดงใน**ตารางที่ 1** พบว่าค่าความหนาแน่นหลังเผาของชิ้นงานอะลูมินาพรุนตามการประดิษฐ์นี้มีค่าน้อยกว่า 1 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร คือ 0.63 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และค่าความพรุนตัวของชิ้นงานมีค่า 81.37 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากส่วนผสมของอะลูมินาสูตรอื่นๆ กล่าวคือ ตัวอย่างที่ 2 ส่วนผสมที่มีการเติมเฉพาะแป้งมันสำปะหลัง, ตัวอย่างที่ 3 ส่วนผสมที่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังและโซเดียมลอรีลซัลเฟต, ตัวอย่างที่ 4 ส่วนผสมที่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังและแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต และตัวอย่างที่ 1 ส่วนผสมที่มีการเติมแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต แป้งมันสำปะหลัง และโซเดียมลอรีลซัลเฟต พบว่าอะลูมินาพรุนที่มีสูตรส่วนผสมตามการประดิษฐ์นี้ (ตัวอย่างที่ 1) มีค่าความหนาแน่นหลังเผาที่ต่ำที่สุด มีค่าความพรุนตัวสูงที่สุด และมีการกระจายตัวของรูพรุนดีที่สุด

ตารางที่ 1 ความหนาแน่นและความพรุนตัวของอะลูมินาพรุนหลังเผาที่ 1450 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่	ส่วนผสม	ความหนาแน่น (กรัม/ซม.^{3})	ความพรุนตัว (%)	กระจายตัวของรูพรุน
2	อะลูมินา + น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง	2.66	32.00	เนื้อละเอียดเรียบ แต่ไม่พรุน (เนื่องจากฟองที่เกิดจากการกวนสลายตัวไป
3	อะลูมินา + น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง + โซเดียมลอรีลซัลเฟต	1.47	60.62	ด้านบนเรียบด้านล่างพรุน เนื้อละเอียด
4	อะลูมินา + น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง + แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต	1.11	66.17	เนื้อละเอียดเรียบ มีรูพรุนเล็กมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่กระจายตัวสม่ำเสมอดี
1	อะลูมินา + น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง + แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต + โซเดียมลอรีลซัลเฟต	0.63	81.37	ความพรุนตัวสูงและมีการกระจายตัวของรูพรุนที่สม่ำเสมอดี

ตารางที่ 2 แสดงผลจากการวิเคราะห์ค่าการหดตัว พบว่า อะลูมินาพรุนที่มีสูตรส่วนผสมตามการประดิษฐ์นี้(ตัวอย่างที่ 1) มีค่าการหดตัวก่อนเผา 0.94 เปอร์เซ็นต์ และค่าการหดตัวหลังเผา 1.0-1.32 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมของอะลูมินาสูตรต่างๆ พบว่า ตัวอย่างที่ 2 ซึ่งเป็นชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากส่วนผสมที่มีการเติมเฉพาะแป้งมันสำปะหลัง ไม่สามารถวัดค่าได้ เนื่องจากชิ้นงานเกิดการบิดเบี้ยวโก่งงอ และชิ้นงานตัวอย่างที่ 3 ซึ่งขึ้นรูปจากส่วนผสมที่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังและโซเดียมลอรีลซัลเฟต ก็ไม่สามารถวัดค่าได้เช่นกัน เนื่องจากชิ้นงานแตก และไม่คงรูป ในขณะที่ชิ้นงานตัวอย่างที่ 1 ซึ่งเป็นอะลูมินาพรุนที่มีสูตรส่วนผสมตามการประดิษฐ์นี้มีค่าการหดตัวต่ำสุด ดังแสดงใน**ตารางที่ 2**

ตารางที่ 2 ค่าการหดตัวของอะลูมินาพรุนก่อนและหลังเผา

ตัวอย่างที่	ส่วนผสม	การหดตัว (%)	
		ก่อนเผา	หลังเผา
2	อะลูมินา + น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง	ชิ้นงานบิดเบี้ยวโก่งงอ ไม่สามารถวัดค่าได้	ชิ้นงานบิดเบี้ยวโก่งงอ ไม่สามารถวัดค่าได้
3	อะลูมินา + น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง + โซเดียมลอริลซัลเฟต	ชิ้นงานแตก ไม่คงรูป ไม่สามารถวัดค่าได้	ชิ้นงานแตก ไม่คงรูป ไม่สามารถวัดค่าได้
4	อะลูมินา + น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง + แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต	2.65	4.26
1	อะลูมินา + น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง + แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต + โซเดียมลอรีลซัลเฟต	0.94	1.0 – 1.32

ความแข็งแรงกดของอะลูมินาพรุนที่มีสูตรส่วนผสมตามการประดิษฐ์นี้มีค่า 1 เมกะพาสคัล อย่างไรก็ดี ความแข็งแรงกดของอะลูมินาพรุนตามการประดิษฐ์นี้มีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอะลูมินาพรุนจากตัวอย่างที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนผสมของอะลูมินาที่มีการเติมแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตและแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากชิ้นงานตัวอย่างที่ 1 ตามการประดิษฐ์นี้เป็นชิ้นงานแบบความหนาแน่นต่ำ (น้อยกว่า 1 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) ความพรุนตัวสูง จึงมีความแข็งแรงกดต่ำกว่า (แต่มีค่าการหดตัวต่ำ) แต่อย่างไรก็ตาม ชิ้นงานดังกล่าวยังคงมีความแข็งแรงที่เพียงพอต่อการนำไปใช้งานสำหรับเป็นแผ่นรองในเตาเผา ผนังเตาเผา ตัวกรองของเหลวต่างๆ ในระดับการกรองหยาบ ดังแสดงใน**ตารางที่ 3** พบว่าส่วนผสมอะลูมินาที่มีการเติมเฉพาะแป้งมันสำปะหลัง ไม่สามารถวัดค่าได้ เนื่องจากชิ้นงานเกิดการบิดเบี้ยวโก่งงอ และส่วนผสมอะลูมินาที่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังและโซเดียมลอรีลซัลเฟต ก็ไม่สามารถวัดค่าได้เช่นกัน เนื่องจากชิ้นงานแตก ไม่คงรูป

ตารางที่ 3 ความแข็งแรงกดของอะลูมินาพรุนหลังเผาที่ 1450 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่	ส่วนผสม	ความแข็งแรงกด (MPa) ของชิ้นงานหลังเผา
2	อะลูมินา + น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง	ชิ้นงานบิดเบี้ยวโก่งงอ ไม่สามารถวัดค่าได้
3	อะลูมินา + น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง + โซเดียมลอรีลซัลเฟต	ชิ้นงานแตก ไม่คงรูป ไม่สามารถวัดค่าได้
4	อะลูมินา + น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง + แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต	12.26
1	อะลูมินา + น้ำ + แป้งมันสำปะหลัง + แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต + โซเดียมลอรีลซัลเฟต	1

รูปที่ 2 แสดงภาพถ่ายชิ้นงานที่เตรียมได้จากสูตรส่วนผสมต่างๆ โดย (ก) ชิ้นงานตัวอย่างที่ 1 ซึ่งขึ้นรูปจากส่วนผสมที่ประกอบด้วยน้ำ แป้งมันสำปะหลัง แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต โซเดียมลอรีลซัลเฟต และอะลูมินา (ส่วนผสมตามการประดิษฐ์นี้) พบว่าชิ้นงานมีความสมบูรณ์ ไม่เกิดการบิดเบี้ยวโก่งงอ มีความแข็งแรง และคงรูปดี, (ข) ชิ้นงานตัวอย่างที่ 2 ซึ่งขึ้นรูปจากส่วนผสมประกอบด้วยน้ำ แป้งมันสำปะหลัง และอะลูมินา พบว่าชิ้นงานเกิดการบิดเบี้ยวโก่งงอ ทำให้ไม่สามารถนำไปทดสอบสมบัติได้, (ค) ชิ้นงานตัวอย่างที่ 3 ซึ่งขึ้นรูปจาก ส่วนผสมประกอบด้วยน้ำ แป้งมันสำปะหลัง โซเดียมลอรีลซัลเฟต และอะลูมินา พบว่าชิ้นงานแตก ไม่คงรูป ทำให้ไม่สามารถนำไปทดสอบสมบัติได้, และ (ง) ชิ้นงานตัวอย่างที่ 4 ซึ่งขึ้นรูปจากส่วนผสมประกอบด้วยน้ำ แป้งมันสำปะหลัง แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต และอะลูมินา พบว่าชิ้นงานมีความสมบูรณ์ ไม่เกิดการบิดเบี้ยงโก่งงอ และคงรูปดี แต่ยังมีค่าการหดตัวที่สูง

จากผลการทดลองข้างต้น สรุปได้ว่า สูตรส่วนผสมสำหรับเตรียมอะลูมินาพรุนโดยใช้เทคนิคเจลคาสติ้ง ตามการประดิษฐ์นี้ สามารถเตรียมอะลูมินาพรุนที่มีความพรุนตัวสูง ความหนาแน่นต่ำ (น้อยกว่า 1 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) โดยมีการใช้แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต ($CaSO_4.1/2H_2O$) ช่วยในการขึ้นรูป พบว่าชิ้นงานที่เตรียมได้มีการหดตัวน้อยมากจนเกือบไม่หดตัวเลย ไม่มีการโก่งงอบิดเบี้ยวเกิดขึ้น รูพรุนกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงาน รวมทั้งทำให้ชิ้นงานแข็งตัวเร็ว แห้งเร็ว และไม่ยึดติดกับแม่แบบ ร่อนตัวจากแม่แบบดี ทำให้ได้ชิ้นงานก่อนเผาที่แข็งแรง ไม่มีตำหนิ สามารถทำการตัดแต่งเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ตามต้องการโดยไม่เกิดการแตกหัก เมื่อทำการเผาผนึกจะได้อะลูมินาพรุนที่มีความแข็งแรงและไม่มีการหดตัวเพิ่มขึ้นหลังการเผาผนึก อีกทั้งไม่มีการใช้ตัวกลางที่เป็นแม่แบบรูปร่างของชิ้นงาน

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

ตามที่บรรยายไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

การใช้การประดิษฐ์ในการผลิตทางอุตสาหกรรม หัตถกรรม เกษตรกรรม หรือพาณิชยกรรม

อุตสาหกรรม และพาณิชยกรรม

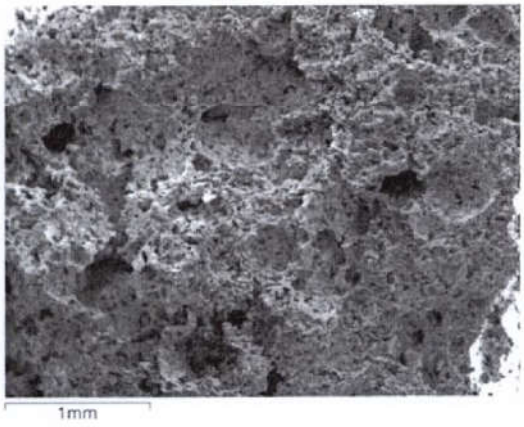
ข้อถือสิทธิ

1.สูตรผสมสำหรับอะลูมินาความพรุนตัวสูงที่มีการหดตัวต่ำ ที่ประกอบด้วย

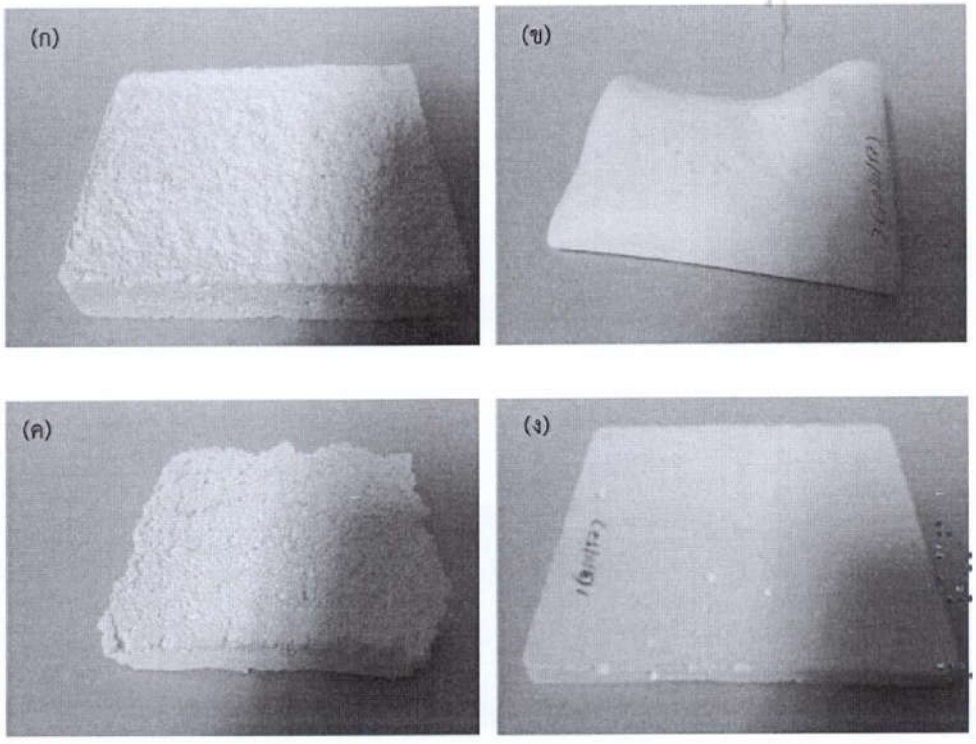
- อะลูมินาสเลอรี่ ที่ประกอบด้วย ผงอะลูมินา 43-53 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอะลูมินาสเลอรี่ และ น้ำ 47-57 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอะลูมินาสเลอรี่
- แป้ง 1-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา
- สารลดแรงตึงผิว 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา
- แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต 21-29 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา

2. สูตรผสมสำหรับอะลูมินาความพรุนตัวสูงที่มีการหดตัวต่ำ ตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่ง แป้งดังกล่าว เลือกได้จากกลุ่มที่ประกอบด้วย แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี หรือ ส่วนผสมของสารดังกล่าว

3. สูตรผสมสำหรับอะลูมินาความพรุนตัวสูงที่มีการหดตัวต่ำ ตามข้อถือสิทธิ 1 ที่ซึ่ง สารลดแรงตึงผิวดังกล่าว เลือก ได้จากกลุ่มที่ประกอบด้วย พอลิอีเทอร์ ฟอสเฟต เอสเทอร์ (Polyether phosphate ester), โซเดียมลอรีลซัลเฟต, น้ำตาลทราย, โปรตีนถั่วเหลือง, และส่วนผสมของสารดังกล่าว



รูปที่ 1



รูปที่ 2

บทสรุปการประดิษฐ์

การประดิษฐ์นี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสูตรผสมอะลูมินาพรุนสำหรับใช้ในการขึ้นรูปด้วยเทคนิคเจลคาสติ้ง (Gel casting) ที่ประกอบไปด้วย อะลูมินาสเลอรี่ ที่ประกอบด้วย ผงอะลูมินา 43-53 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอะลูมินาสเลอรี่ และ น้ำ 47-57 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของอะลูมินาสเลอรี่, แป้ง 1-5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา, สารลดแรงตึงผิว 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา และ แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต 21-29 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของผงอะลูมินา อะลูมินาพรุนที่ขึ้นรูปจากสูตรผสมตามการประดิษฐ์นี้มีความพรุนตัวสูง โดยที่มีการหดตัวต่ำจนเกือบไม่หดตัวเลย ไม่มีการโก่งงอบิดเบี้ยวเกิดขึ้น ได้ชิ้นงานก่อนเผาที่แข็งแรง สามารถทำการตัดแต่งเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ตามต้องการโดยไม่เกิดการแตกหัก เมื่อทำการเผาผนึกจะได้อะลูมินาพรุนที่มีความแข็งแรงและไม่มีการหดตัวเพิ่มขึ้นหลังการเผาผนึก อีกทั้งยังมีความหนาแน่นต่ำ (น้อยกว่า 1 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) เหมาะสมสำหรับการใช้งานต่างๆ โดยเฉพาะการใช้งานเป็นผนังเตาเผา แผ่นรองในเตาเผา ตัวกรองของเหลวต่างๆ ในระดับการกรองหยาบ เป็นต้น