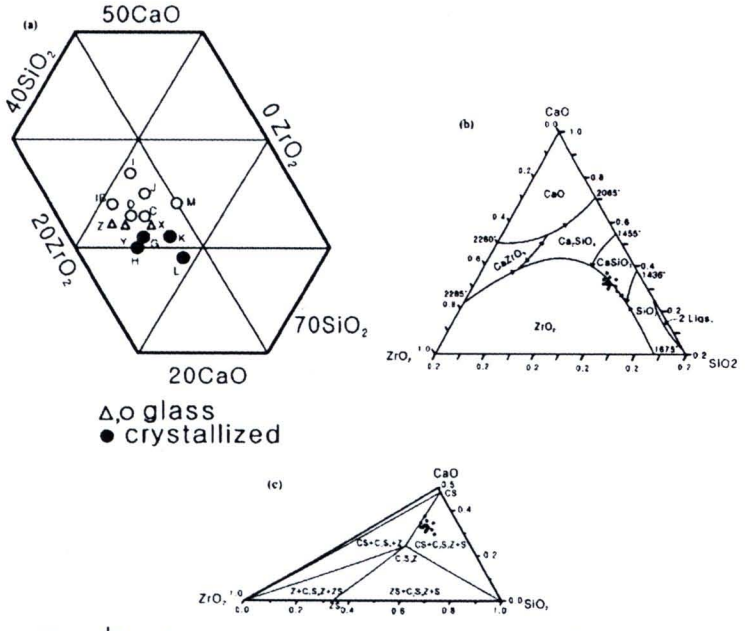
บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

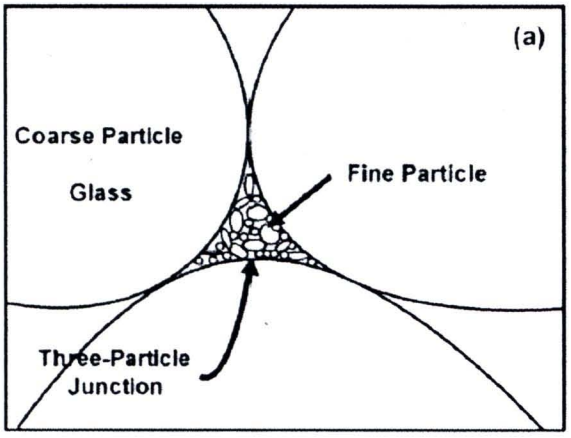
ปริทัศน์วรรณกรรมละงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้งานเซรามิกในด้านความคงทนต่อการกัดกร่อนของกรดนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการปรับปรุงสมบัติทางด้านเคมี โดยการเคลือบสารที่มีสมบัติทนต่อการกัดกร่อนจากกรดลงบนผิวของกระเบื้องเซรามิกอีกทีหนึ่ง ซึ่งสารเคลือบดังกล่าวต้องมีสมบัติทั้งทางด้านเชิงกลและเคมีที่แตกต่างจากกระเบื้องเซรามิกเคลือบที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบันในรูปแบบของกระเบื้องปูพื้น-ปูผนัง บ้านหรืออาคารต่างๆ ดังนั้น เพื่อทำให้กระเบื้องเซรามิกดังกล่าวมีความคงทนต่อการใช้งานในสภาวะที่เป็นกรด ในงานวิจัยนี้ได้เน้นงานวิจัยปรับปรุงสมบัติทางด้านเคมีของกระเบื้องเซรามิกโดยใช้วัสดุเคลือบที่มีส่วนผสมของ CaO, ZrO_2 และ SiO_2 หรือเรียกว่า เคลือบ CZS เนื่องจากมีความทนต่อการกัดกร่อนทางเคมีสูงและมีความแข็งแรงเชิงกลสูง [K.J. Hong และคณะ, (2003)] จากการศึกษาข้อมูลพบว่า การเติม CaO ลงในเนื้อเคลือบที่มีองค์ประกอบของ SiO_2 เป็นหลักจะสามารถต้านทานการกัดกร่อนจากกรดได้ แต่อย่างไรก็ตามหากมีการเติม ZrO_2 ในปริมาณที่ไม่เกินร้อยละ 14 โดยน้ำหนัก [V. Cannillo และคณะ, (2009)] ก็จะสามารถทำให้ความต้านทานการกัดกร่อนจากกรดเพิ่ม เนื่องจาก CaO, ZrO_2 ลง SiO_2 จะทำให้เกิดสารประกอบใหม่ในเคลือบ ได้แก่ Wollastonite ($CaSiO_3$) และ Calcium zirconium silicate ($Ca_2ZrSi_4O_{12}$, $Ca_3ZrSi_2O_9$, $CaZrSi_2O_9$ และ$Ca_{1.2}Si_{4.3}Zr_{0.2}O_8$) ในระบบ CaO–$ZrO_2$–$SiO_2$ system [K.J. Hong และคณะ, (2003)] ดัง Phase diagram ในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงเคลือบที่มีองค์ประกอบของ CaO, ZrO_2และ SiO_2 ในระบบ CaO–ZrO_2–SiO_2 ซึ่งปริมาณของสาร จะมีผลต่อการเกิดสารประกอบเคลือบชนิดต่าง ๆ [K.J. Hong และคณะ, (2003)]

ซึ่งวัฏภาคต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้แก่ $Ca_3ZrSi_2O_9$, $CaZrSi_2O_9$ และ $Ca_{1.2}Si_{4.3}Zr_{0.2}O_8$ ในระบบ $CaO–ZrO_2–SiO_2$ จะไปรวมตัวกันอยู่ที่บริเวณขอบเกรนดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการรวมตัวของวัฏภาคต่างๆ ที่เกิดขึ้นบริเวณขอบเกรนในระบบ $CaO–ZrO_2–SiO_2$ [K.J. Hong และคณะ, (2003)]

K.J. Hong และคณะ ได้ทำการศึกษาสมบัติของสารเคลือบในระบบ $CaO–ZrO_2–SiO_2$ system พบว่า การเติม CaO และ ZrO_2 ลงในเนื้อเคลือบที่มีองค์ประกอบของ SiO_2 เป็นหลัก ในปริมาณต่างๆ ดังตารางที่ 2.1 พบว่าจะสามารถต้านทานการกัดกร่อนจากกรดได้ เนื่องจาก CaO, ZrO_2 ลง SiO_2 จะทำให้เกิดสารประกอบใหม่ในเคลือบ ได้แก่ Wollastonite ($CaSiO_3$) and Calcium zirconium silicate ($Ca_2ZrSi_4O_{12}$, $Ca_3ZrSi_2O_9$, $CaZrSi_2O_9$ และ$Ca_{1.2}Si_{4.3}Zr_{0.2}O_8$)

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนผสมเคลือบทนกรด [K.J. Hong และคณะ, (2003)]

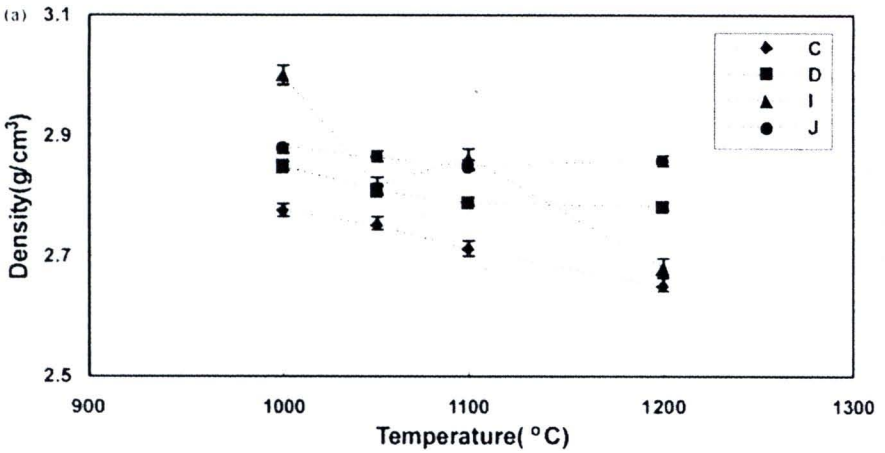
Samples	SiO_2	CaO	ZrO_2
C	54	33	13
D	53	33	14
G	55	31	14
H	55	30	15
I	51	37	12
J	53	35	12
K	57	31	12
L	59	29	12
M	56	34	10
IB	51	34	15

จากผลการทดลองพบว่าตัวอย่างสารเคลือบสูตร D ที่มีปริมาณ SiO_2 ปริมาณร้อยละ 53 โดยน้ำหนัก CaO ปริมาณร้อยละ 33 โดยน้ำหนัก และ ZrO_2 ปริมาณร้อยละ 14 โดยน้ำหนัก มีความต้านทานการกัดกร่อนจากกรดได้ดีที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2.2

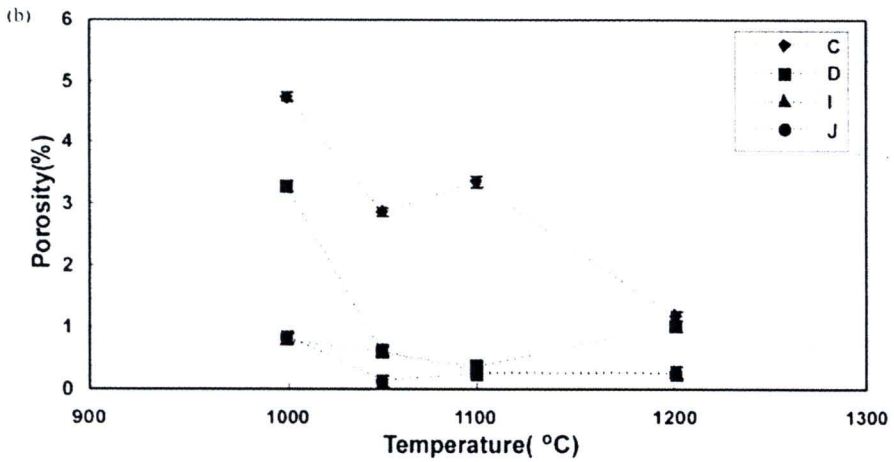
ตารางที่ 2.2 แสดงผลการทดสอบการทนกรด [K.J. Hong และคณะ, (2003)]

Properties	C	D	I	J
Erosion test, wear rate ($\times 10^{-4}$ g/cm^2)	9	2	4	3
Chemical durability, weight loss ($\times 10^{-1}$ g/cm^3)	0.4	1.6	1.2	10

และสูตร D มีความหนาแน่นสูงสุด และมีปริมาณรูพรุนต่ำสุดดังรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 ความหนาแน่นของเคลือบในระบบ $CaO–ZrO_2–SiO_2$ [K.J. Hong และคณะ, (2003)]



รูปที่ 2.4 ปริมาณรูพรุนของเคลือบในระบบ $CaO–ZrO_2–SiO_2$ [K.J. Hong และคณะ, (2003)]

จากข้อมูลที่ศึกษาจาก Phase Diagram K.J. Hong และคณะ ได้ทำการศึกษาสมบัติของสารเคลือบในระบบ$CaO–ZrO_2–SiO_2$ system พบว่าการเติม CaO และ ZrO_2 ลงในเนื้อเคลือบที่มีองค์ประกอบของ SiO_2 เป็นหลักในปริมาณต่าง ๆ พบว่าจะสามารถต้านทานการกัดกร่อนจากกรดได้ เนื่องจากการเติม CaO, ZrO_2ลงในเนื้อเคลือบที่มีองค์ประกอบของSiO_2 จะทำให้เกิดสารประกอบในเคลือบได้แก่Wollastonite ($CaSiO_3$) และ Calcium zirconium silicate ($Ca_2ZrSi_4O_{12}$) ซึ่ง Wollastonite เป็นแร่ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ Wollastonite จากธรรมชาติมีราคาที่สูงเนื่องจากไม่ได้เป็นแร่ที่มีปริมาณมาก การสังเคราะห์ Wollastonite จากวัตถุดิบตั้งต้นที่มีราคาถูกจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะได้ Wollastonite ที่มีลักษณะผลึกแบบรูปเข็มที่ทำให้มีคุณสมบัติที่ดีในด้านความแข็งแรงและทำให้เกิดความทนทานต่อการขูดขีดและขัดสีได้เป็นอย่างดี วัตถุดิบตั้งต้นที่ ใช้ในการสังเคราะห์ Wollastonite นั้นได้แก่วัตถุดิบที่มี CaO และSiO_2

คุณสมบัติของสารเคมีที่ใช้เป็นส่วนผสมเคลือบ

1. แคลเซียมออกไซด์ (calcium oxide ,CaO)

สูตรทางเคมีคือ CaO ลักษณะโดยทั่วไปเป็นผงสีขาว มีฤทธิ์เป็นด่าง ทนการกัดกร่อนได้โดยปกติแล้วจะผลิตแคลเซียมออกไซด์, CaO จากการเผาวัสดุใดๆ ที่มีส่วนผสมของหินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต, $CaCO_3$) เป็นองค์ประกอบ ณ อุณหภูมิมากกว่า 825 องศาเซลเซียส เรียกกระบวนการเผานี้ว่า calcination และจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกมา ปูนขาวนี้ สามารถทำปฏิกิริยากับ CO_2ที่อยู่ในอากาศโดยอาศัยระยะเวลาที่นานพอ กลับกลายเป็น $CaCO_3$ได้ ดังนั้นการเก็บรักษาต้องระวังไม่ให้อากาศสามารถผ่านเข้าไปในภาชนะที่ใช้จัดเก็บได้

2. เซอร์โคเนีย (Zirconia ,ZrO_2)

เตรียมได้จากแร่เซอร์โคเนียม ($ZrSiO_4$) เซอร์โคเนีย เป็นวัตถุดิบทนไฟสูง และมีค่าความแข็งสูงกว่าซิลิกา จึงบดให้ละเอียดได้ยาก และทนต่อ Thermal Shock วัตถุดิบเซอร์โคเนีย ถูกนำมาใช้ในการเตรียม น้ำเคลือบสีขาวทึบ ใช้ทำอุปกรณ์ทนไฟในเตาเผา และนำมาใช้พ่นแผ่นรองเตาเผา เมื่อนำมาบดละเอียด โดยผสมกับดินขาวในปริมาณ 10% เซอร์โคเนียมีจุดหลอมเหลวสูงถึง 2550 ^{o}C รูปผลึกเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า มียอดปิรามิดด้านบนและล่าง ประโยชน์ของเซอร์โคเนีย ใช้พ่นบุผนังเตาหลอมอะลูมิเนียม และทำแม่พิมพ์หล่ออะลูมิเนียม เนื่องจากเซอร์โคเนีย วัตถุที่ไม่เปียกอะลูมิเนียม ใช้ทำเซอร์คอนปอร์ซเลน โดยใช้เซอร์โคเนียในปริมาณ 60-70% เนื้อดินหลังการเผามีความแข็งแกร่งสูง และมีน้ำหนักมาก เนื่องจาก เซอร์โคเนียมีค่าความถ่วงจำเพาะสูง สามารถทนต่อการกัดกร่อน ของสารเคมีได้ดี ใช้ทำอุปกรณ์ในห้องปิบัติการเคมี ผลึกของเซอร์โคเนีย เป็นอัญมณีมีค่าชนิด ซึ่งเรียกชื่อไทยว่า เพทาย

3.ซิลิกา (Silica, SiO_2)

ทรายซิลิกาสำหรับอุตสาหกรรมแก้วต้องมีคุณสมบัติตามที่ระบุไว้อย่างเคร่งครัด สิ่งปลอมปนเล็ก ๆ น้อย ๆ เช่น เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โครเมียม แคลเซียม หรืออลูมิเนียม อาจมีผลต่อสี และลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แก้ว ส่วนทราย สำหรับหล่อประกอบด้วยคุณสมบัติหลายประการ เช่น ทนทานต่อความร้อน จากการหลอมละลายของโลหะ รักษารูปทรงของเบ้าพิมพ์ เมื่อเกิดความชื้น อากาศแทรกผ่านได้แข็งแรงเพียงพอที่จะรองรับน้ำหนักของโลหะ และมีพื้นผิวเรียบ เหมาะสำหรับการเป็นเบ้าหล่อ ส่วนทรายขัดสำหรับพ่น บด และขัดถูจะมีขนาดเม็ด เท่ากันเกือบทั้งหมด ทั้งนี้ต้องประกอบด้วยเหลี่ยมมุมที่ค่อนข้างแหลมสำหรับทราย ซึ่งใช้เป็นสารฟิลเลอร์ในสี พลาสติก ยาง และเซรามิค มักอยู่ในรูปของทรายบด หรือผงซิลิกา

ซิลิกามักใช้ในการผลิตแก้ว นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมทรายซิลิกาเข้ากับ เรซินสังเคราะห์ เพื่อใช้เป็นแม่พิมพ์สำหรับการหล่อโลหะได้อีกด้วย แร่ควอทไซต์ ยังใช้ในอุตสาหกรรมการถลุงโลหะ อีกทั้งเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิต เฟอร์โรซิลิคอน และที่สำคัญ ซิลิกาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเซรามิค แก้ว และสาร ซิลิคอนต่าง ๆ เช่น ซิลิโคน และโลหะซิลิคอนในอุปกรณ์กึ่งตัวนำ