

Gelcasting

วิธีขึ้นรูปปูนเซรามิก

เมื่อประมาณปี พ. ศ. 2543 กลุ่มนักวิจัยเซรามิกจาก Oak Ridge National Lab ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ค้นพบวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกแบบใหม่ที่เรียกว่า gelcasting หรือ “การขึ้นรูปแบบวุ้น” Gelcasting เป็นการขึ้นรูปที่อาศัยหลักการเดียวกันกับหลักการที่เราใช้ทำวุ้นหรือทำเยลลี่ คือการหล่อแบบ แต่การหล่อแบบในวิธีการขึ้นรูปแบบ gelcasting นี้ แตกต่างจากการหล่อแบบในวิธีการขึ้นรูปแบบ slip casting เพราะแบบที่ใช้ในวิธีการขึ้นรูปแบบ gelcasting ไม่ได้ทำจากปูนปลาสเตอร์เหมือนแบบที่ใช้ในการขึ้นรูปแบบ slip casting

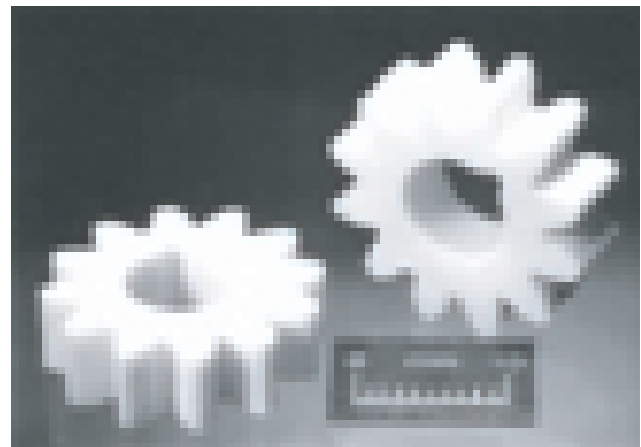
Gelcasting เป็นขบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกที่กำลังเป็นที่นิยมและมีการศึกษาค้นคว้าวิจัยเป็นอย่างมาก และ gelcasting เป็นวิธีการขึ้นรูปแบบใหม่ที่เป็นความหวังว่าจะช่วยให้นักเซรามิกขึ้นรูป ผลิตภัณฑ์เซรามิกหลายๆ ชนิดที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการอื่นได้ไม่ดี โดยเฉพาะชิ้นส่วนของเครื่องยนต์เซรามิก (Ceramic engine) ศาสตราจารย์ German แห่ง Pennsylvania State University ยกย่องวิธีการขึ้นรูปแบบ gelcasting นี้ว่าเป็นนวัตกรรมขั้นเอกของการขึ้นรูปเซรามิก และทำนายว่าอีกไม่เกิน 10 ปีจากนี้จะมีการนำวิธีการขึ้นรูปแบบ gelcasting มาขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกมากพอๆ กับวิธีการขึ้นรูปแบบอื่นๆ เช่น slip casting, die pressing และ extrusion

Gelcasting มีข้อดีหลายประการ คือ

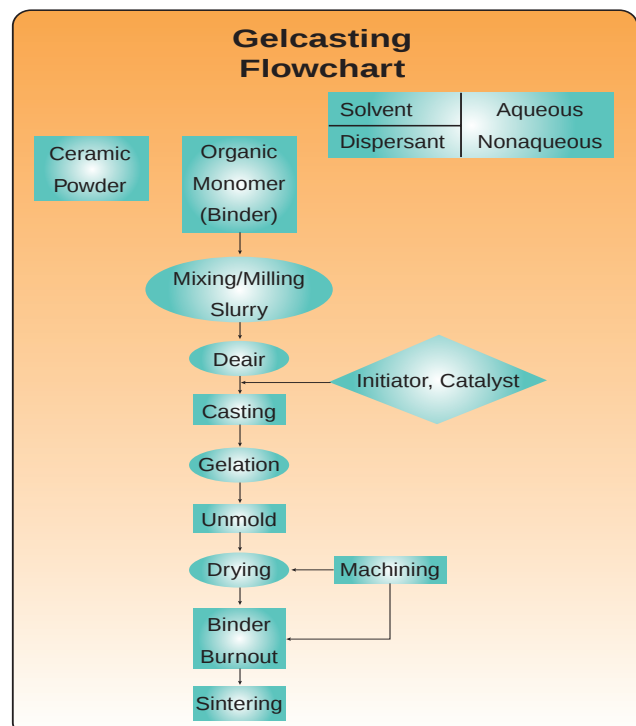
- 1) เราสามารถนำ gelcasting ไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีขนาดเล็กๆ ตั้งแต่ 1 กรัม ไปจนถึงที่มีขนาดใหญ่ๆ หลายสิบกิโลกรัมได้ อีกทั้งยังสามารถใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงซับซ้อนละเอียดได้ ภาพที่ 1-3 แสดงชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการ gelcasting
- 2) Gelcasting ใช้ขึ้นรูปผงเซรามิกได้ทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็น Al_2O_3 , AlN , B_4C , Ferrite, SiC , Si_3N_4 , ZnO , ZrO_2 , Hydroxyapatite ฯลฯ เมื่อเร็วๆ นี้พบว่า gelcasting ยังใช้ขึ้นรูปผงโลหะได้ด้วย
- 3) ชิ้นงานที่ยังไม่เผา (green-ware) ที่เตรียมขึ้นจาก



ภาพที่ 2 แสดงวงแหวน Ferrite ขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ที่ขึ้นรูปด้วยวิธี gelcasting



แสดงชิ้นงานขนาดเล็กที่ขึ้นรูปด้วยวิธี gelcasting



แสดงขั้นตอนการขึ้นรูปแบบ gelcasting

Gelcasting is a forming process similar to slip casting; and can produce complex-shaped ceramic parts similar to injection molding. With high green strength, gelcast parts are strong and can be machined, if needed, before firing. Gelcasting do not involve complex and long debinding steps which are problems with injection molding. Therefore, gelcasting is promising new technology for complex shape ceramics that are either too complicated or too expensive to be manufactured by other processes.



แสดงชิ้นงานเซรามิกที่รูปทรงซับซ้อนซึ่งขึ้นรูปด้วยวิธี gelcasting แบบที่ 2



แสดงชิ้นงานเซรามิกที่รูปทรงซับซ้อนซึ่งขึ้นรูปด้วยวิธี gelcasting

gelcasting มีความแข็งแรงพอที่จะนำไป ชัด, ตัด หรือเจาะ (machining) ได้โดยไม่ต้องเผา sintering เสียก่อน

การที่เราสามารถ machining ชิ้นงานในสถานะ greenware นี้เป็นข้อดีที่มีประโยชน์อย่างมาก เพราะทำได้ง่ายและประหยัดกว่าเนื่องจากสามารถทำได้โดยใช้หินตัด, หินเจียร, และหินขัด ชนิดที่ทำจาก carbon steel ได้โดยไม่ต้องใช้หินตัด, หินเจียร, และหินขัดที่ทำมาจากเพชรซึ่งมีราคาแพง ๆ ลองนึกภาพว่าการที่เราสามารถตัด, ชัด, และเจาะชิ้นงานที่เป็น greenware ได้ว่าจะมีประโยชน์มากเพียงใด

4) เนื่องจาก gelcasting เป็นขบวนการขึ้นรูปที่มีวิธีการคล้ายคลึงกับการขึ้นรูปแบบ slip casting ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเซรามิกอยู่แล้ว เพราะฉะนั้น gelcasting จึงเป็นการขึ้นรูปที่ไม่ยากเลยสำหรับนักเซรามิก และแทบไม่ต้องซื้อเครื่องมือใหม่ ๆ ที่มีราคาแพง ๆ เพราะสามารถนำเครื่องมือที่มีอยู่แล้วในงาน slip casting มาใช้กับงาน gelcasting ได้ ภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนการขึ้นรูปแบบ gelcasting จะเห็นได้ว่ามีขั้นตอนคล้ายคลึงกับการขึ้นรูปแบบ slip casting มาก หัวใจของการขึ้นรูปแบบ gelcasting คือการใช้สารละลาย organic monomer ที่สามารถ polymerize และ crosslink เป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติ Polymer

ที่ใช้ในงาน gelcasting มี 4 ชนิด คือ

- a) Monomer เช่น Methacrylamide (MAM)
- b) Crosslinker เช่น Methylene bisacrylamide (MBAM) และ Poly (ethylene glycol dimethacrylate) (PEGDMA)
- c) Free radical initiator เช่น Ammonium persulfate (APS)

d) Catalyst เช่น Tetramethylene diamine (TEMED) ใช้เพื่อเร่งปฏิกิริยาการแตกตัวของ APS ซึ่งเท่ากับการเร่งปฏิกิริยา polymerization และ crosslinking ได้ gel ที่ประกอบด้วย polymer และน้ำ ซึ่งทำหน้าที่ยึดเกาะผงของ ceramics ไม่ให้เคลื่อนที่และจับตัวกันเป็นรูปร่างตามแบบที่หล่อ

5) ข้อดีอีกประการหนึ่งของ gelcasting คือ slurry ของชิ้นงาน gelcasting เป็น slurry ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (solvent) ดังนั้นจึงมี viscosity ค่อนข้างต่ำและสามารถเติมผงเซรามิกเข้าไปได้มากๆ (high solid content) นอกจากนี้สารช่วยให้เกิดการแขวนลอยของอนุภาค (dispersant) แบบที่ใช้กับงาน slip casting ของเซรามิกก็สามารถนำมาใช้ในงาน gelcasting ได้ด้วย

6) หลังจากอบชิ้นงานที่ gelcast แล้วจะมี polymer เหลือประมาณ 2-4 wt% ซึ่งเกือบจะเท่า ๆ กับ binder ที่เหลือในชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยวิธี die pressing ดังนั้นเราจึงสามารถนำชิ้นงานที่ gelcast แล้วไป sinter โดยตรงได้เลย โดยไม่ต้องแยกไปทำการเผาไล่ binder ด้วยวิธีการ debinding ให้ง่ายเหมือนกับการที่ต้องทำในขบวนการขึ้นรูปแบบ injection molding

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่า gelcasting เป็นเทคโนโลยีการขึ้นรูปแบบใหม่ที่มีข้อดีหลายๆ ประการที่จะช่วยใช้ความฝันของนักเซรามิกรุ่นใหม่ที่จะเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ของเขาจาก Pottery ธรรมดา ไปเป็น High Tech Pottery ได้

เอกสารอ้างอิง

- 1) C. Krause, "ORNL's Gelcasting :Molding the Future of Ceramic Forming?," Oak Ridge National Lab. Accessed on: March, 2004. Available at < <http://www.ornl.gov/info/ornlreview/rev28-4/text/gelcast.htm>>
- 2) M. Janney, S. Nunn, C. Walls, O. Omatete, R. Ogle, G. Kirby and A. McMillan, "Gelcasting," Oak Ridge National Lab. Accessed on: March, 2004. Available at <<http://www.ms.ornl.gov/researchgroups/process/cpg/gelpubs/GelChap.pdf>>
- 3) H. C. Liu, S. Kang, F. Prinz and J. Stampfl, "Fabrication of Ceramic Components for Micro Gas Turbine Engines," Stanford University. Accessed on: March, 2004. Available at <http://www-rpl.stanford.edu/files/Paper/cocoa_beach_v7.pdf>
- 4) M. Janney, O. Omatete, C. Walls, S. Nunn, R. Ogle, and G. Westmoreland, "Development of Low-Toxicity Gelcasting Systems," Oak Ridge National Lab. Accessed on: March, 2004. Available at <<http://www.ms.ornl.gov/researchgroups/process/cpg/gelpubs/LowToxGel.pdf>>