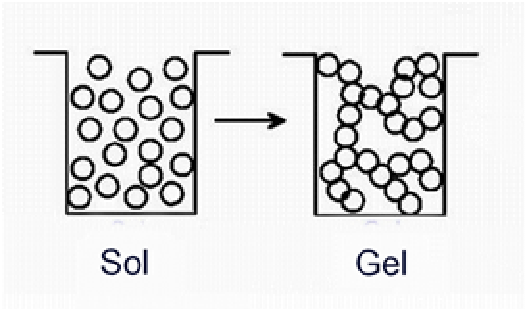
กระบวนการโซลเจล (Sol-Gel Technology)

กระบวนการผลิตโดยวิธีโซลเจลเป็นกระบวนการผลิตที่มีประโยชน์หลายอย่างในการผลิตเซรามิกและแก้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุที่ต้องการความบริสุทธิ์สูง โดยทั่วไปกระบวนการโซลเจลเป็นกระบวนการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวที่เรียกว่า “Sol” ซึ่งส่วนมากอยู่ในรูปของสารแขวนลอยที่มีขนาดอนุภาคประมาณ 0.1-1 ไมครอน เป็น ของแข็งที่เรียกว่า “Gel”



รูปที่ 1 การเปลี่ยนสถานะจากโซลเป็นเจล
(ที่มา http://phys.suwon.ac.kr/~jgyoon/lab/solgel.htm 11/01/05)

ปฏิกิริยาที่สำคัญในกระบวนการโซล-เจล มี 3 ปฏิกิริยา คือ Hydrolysis, Water condensation และ Alcohol condensation ดังสมการ มีปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา คือ pH ตัวเร่งปฏิกิริยา อัตราส่วนโมลของน้ำและโลหะ และ อุณหภูมิ ดังนั้นการควบคุมปัจจัยเหล่านี้ ในสภาวะที่ต่างกันจะทำให้โซลและเจลที่ได้มีสมบัติและโครงสร้างต่างกัน

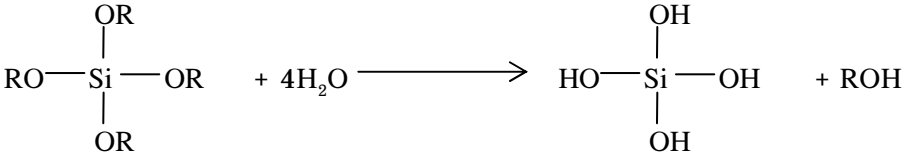
Hydrolysis: $M-O-R+H_2O \rightarrow M\text{-}OH+R\text{-}OH$

Water Condensation: $M-OH+HO\text{-}M \rightarrow M\text{-}O\text{-}M+H_2O$

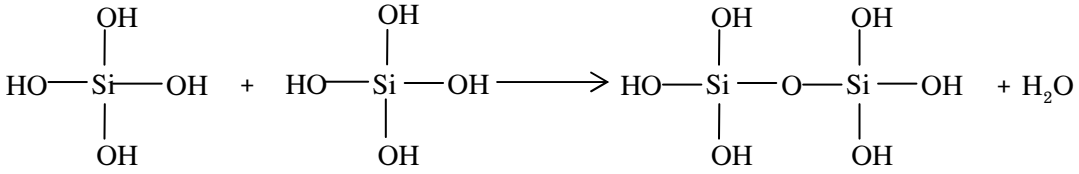
Alcohol Condensation: $M-O\text{-}R+HO\text{-}M \rightarrow M\text{-}O\text{-}M+R-OH$

เมื่อ M แทนโลหะ ได้แก่ Si, Zr, Ti, Al, Sn, Ce และ OR แทน Alkoxyl group

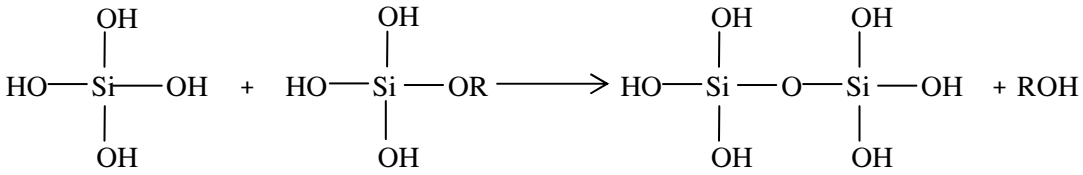
ขั้นตอนแรกของการทำโซลเจล คือ การผสมสารตั้งต้น (Precursor) กับน้ำ สารตั้งต้นที่นิยมใช้ในกระบวนการโซล-เจล เป็นสารประกอบโลหะและกึ่งโลหะที่ล้อมรอบด้วยลิแกนด์ที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา เช่น Metal Alkoxide เป็นสารตั้งต้นที่ได้รับความนิยมสูง เนื่องจากทำปฏิกิริยากับน้ำได้ดี เช่น Tetramethoxysilane (TMOS) และ Tetraethoxysilane (TEOS) ส่วน alkoxide ชนิดอื่น เช่น Aluminate, Titanate และ Borate มีใช้กันแพร่หลายโดยมักจะใช้ร่วมกับ TEOS เช่น $Si(OR)_4$ ซึ่ง R คือ CH_3(TMOS), C_2H_5(TEOS) หรือ C_3H_7 จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสน้ำ ดังสมการ



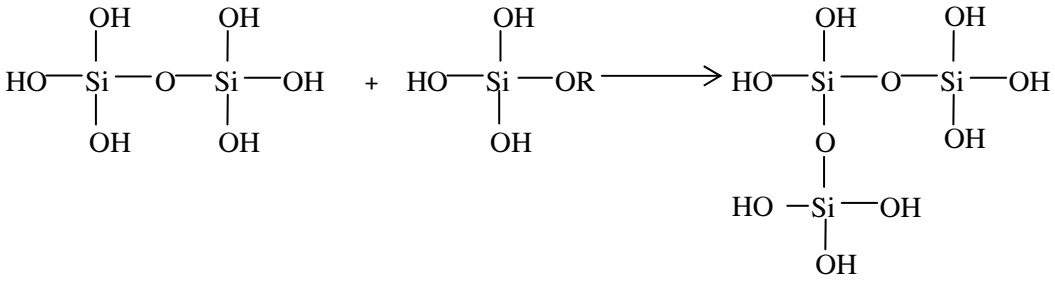
และในขณะเดียวกันก็จะเกิดปฏิกิริยาคอนเดนเซชัน :Water Condensation Reaction



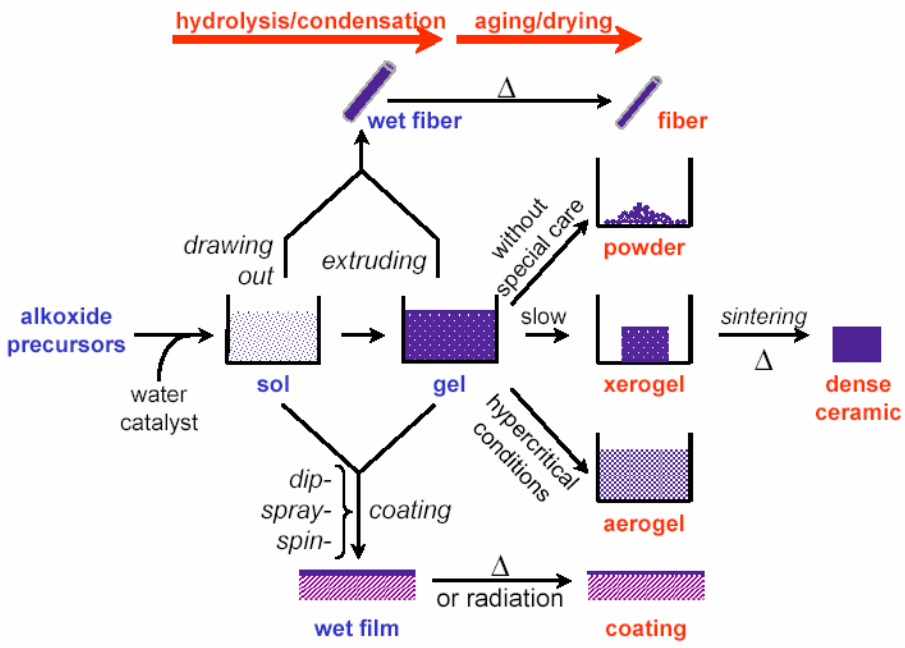
หรือ Alcohol Condensation Reaction



สารประกอบที่เกิดขึ้นจะเกิดปฏิกิริยาคอนเดนเซชันต่อไปจนกลายเป็น Silica Network อยู่ในสภาวะที่เรียกว่า Gel จึงเรียกปฏิกิริยาดังกล่าวว่า ปฏิกิริยาโพลีคอนเดนเซชัน



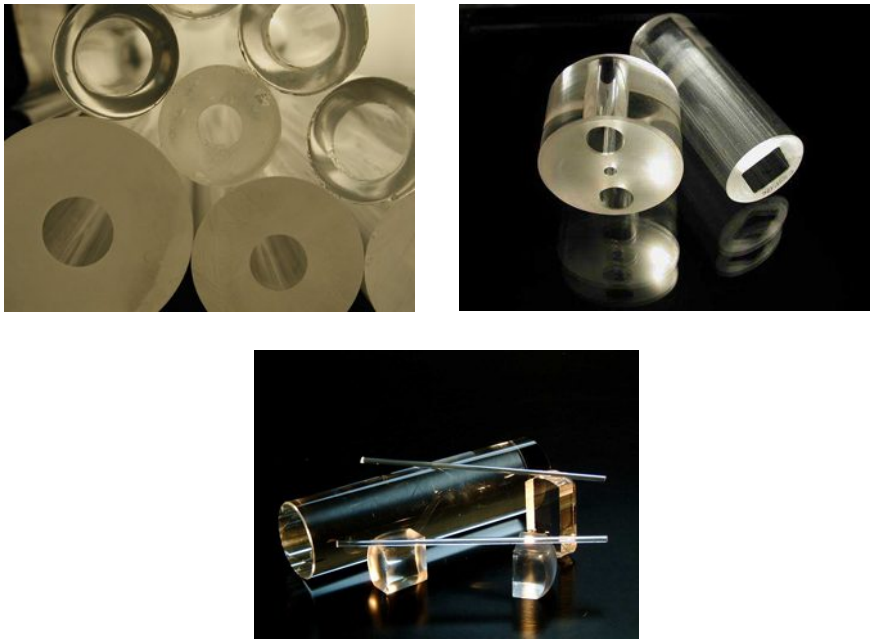
ในกระบวนการผลิตทั้งจากสภาวะที่เป็น Sol และ Gel เมื่อเข้าสู่กระบวนการทำให้แห้งจะได้ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น fiber, aerogel, xerogel, powder และ coating film เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ต่อไป



รูปที่ 2 กระบวนการโซลเจล

(ที่มา http://phys.suwon.ac.kr/~jgyoon/lab/solgel.htm 11/01/05)

การนำเทคโนโลยีโซลเจล (Sol-Gel Technology) มาใช้ประโยชน์สามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น ผงละเอียด ฟิล์มบาง เส้นใย และ วัสดุก้อน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ต่อไป เช่น แก้วซิลิกา สารเคลือบป้องกันการสึกกร่อน การสะท้อนแสง และ การเกาะติดผิวของน้ำ เป็นต้น เทคโนโลยีโซลเจลจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการผลิตสารหรือวัสดุมีสมบัติเฉพาะตัวหรือต้องการความบริสุทธิ์สูง หรือแม้แต่การผลิตสารหรือวัสดุทดแทนการใช้แร่หรือทรัพยากรธรรมชาติหายากและมีอยู่จำกัดเป็นวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการโซลเจลจะมีความบริสุทธิ์สูง เนื่องจากเป็นการเตรียมสารหรือวัสดุในระดับโมเลกุลทำให้สามารถกำหนดสมบัติต่าง ๆ ที่ต้องการได้ง่ายนับเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมเคมี เทคโนโลยีพลังงาน อุตสาหกรรมรถยนต์ และอุตสาหกรรมเซรามิก เป็นต้น การนำเทคโนโลยีโซลเจลมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม ยังต้องศึกษาในรายละเอียดเกี่ยวกับสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมและลักษณะหรือสมบัติของสารหรือวัสดุที่ต้องการ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามแนวโน้มการนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์มีความเป็นไปได้สูง เนื่องจากกระบวนการโซลเจลเป็นเทคโนโลยีการผลิตที่ทำได้ที่อุณหภูมิห้อง สามารถทำได้ตั้งแต่ระดับห้องปฏิบัติการจนถึงระดับอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถสนองตอบความต้องการของผู้บริโภคได้จริง



รูปที่ 3 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แก้วจากกระบวนการโซลเจล

(ที่มา: https://www1.sivento.com/wps3/portal/en/aerosil/industries/glass/exponate.html 12/01/05)

รูปที่ 4 การใช้ประโยชน์กระบวนการโซล-เจล

(ที่มา http://www.isc.fraunhofer.de/alteseiten/keramik_e/k0_1.html 06/01/05)

อ้างอิง: 1. http://www.solgel.com/articles/June00/phalip/introsolgel.htm

2. http://optoweb.fis.uniroma2.it/opto/solgel/

3. http://www.psrc.usm.edu/mauritz/solgel.html