สุธรรม ศรีหล่มสัก และ เอกสิทธิ์ นิ่มวิญญา
สาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044-224471, โทรสาร 044-224-220 E-mail: sutamsri@sut.ac.th และ sriloms@hotmail.com

การเลือกเติม deflocculants และ flocculants ในน้ำสลิป

ภาพการเตรียมน้ำสลิปดินจาก ref 5

นักเซรามิกทราบดีว่าโซเดียมไอออน (Na^+) เป็นไอออนที่ทำหน้าที่เป็น deflocculating ion ช่วย deflocculate ให้อนุภาคเซรามิกแขวนลอยได้ดีในน้ำสลิป เมื่อเติมโซเดียมไอออนเข้าไปในน้ำสลิปโซเดียมไอออนจะเข้าไปรบกวนโครงสร้างแบบเจล (gel structure) ของน้ำสลิปเพราะโซเดียมไอออนเป็นไอออนที่มีขนาดใหญ่ และมีประจุบวกต่ำๆ (คือ +1) จึงยึดเกาะกับโครงสร้างแบบเจลได้ไม่แน่นทำให้โครงสร้างจับกันอย่างหลวมๆ ส่งผลให้น้ำสลิปไหลตัวได้ดี คือ deflocculate ในทางตรงกันข้ามไอออนที่มีประจุบวกสองและบวกสาม เช่น แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และอะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}) เป็นไอออนที่มีประจุสูงๆ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กๆ จึงเข้าไปยึดกับโครงสร้างแบบเจลในน้ำสลิปได้แน่น ทำให้น้ำสลิป flocculate คือ ข้น ไหลยาก และตกตะกอน

ถึงแม้นว่ามีเกลือหลายชนิดที่เติมลงไปในน้ำสลิปแล้วสามารถแตกตัวให้โซเดียมไอออนออกมาได้ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกลือแกง (NaCl) โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) และโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) แต่ส่วนใหญ่นักเซรามิกมักจะเลือกเติมโซเดียมซิลิเกตลงไปเป็น deflocculant ในน้ำสลิปดิน (น้ำสลิปดิน คือ น้ำสลิปที่มีดิน (clay) เฟลด์สปาร์ (feldspar) และซิลิก้า (silica) เป็นองค์ประกอบหลัก) ด้วยเหตุผลต่อไปนี้ 1) การเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์จะไปรบกวนความเป็นกรดด่างของน้ำสลิป 2) การเติมเกลือแกงจะทำให้ได้คลอไรด์ไอออน (Cl^-) ซึ่งกำจัดออกไปจากน้ำสลิปได้ยาก 3) โซเดียมซัลเฟตจะแตกตัวให้ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม 4) ส่วนโซเดียมซิลิเกตแตกตัวให้ซิลิเกตไอออน (SiO_3^{2-}) ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อน้ำสลิปดิน เพราะวัตถุดิบแทบทุกชนิดในน้ำสลิปดินเป็นสารประกอบจำพวกซิลิเกต จะเห็นได้ว่าการเติม deflocculants เข้าไปในน้ำสลิปเราต้องคำนึงถึงไอออนลบ (anion) ที่แตกตัวออกมาพร้อมๆ กับโซเดียมไอออนด้วย

นอกจากนี้เรายังต้องคำนึงถึงปริมาณของ deflocculant ที่เติมเข้าไปด้วย เพราะหากเติม deflocculant เข้าไปมากเกินไปจะทำให้มีโซเดียมไอออนส่วนเกินซึ่งกำจัดได้ยากมากในน้ำสลิป สาเหตุที่กำจัดโซเดียมไอออนส่วนเกินออกจากน้ำสลิปได้ยากมาก เพราะว่าเกลือของโซเดียมเกือบทุกชนิดละลายน้ำ การที่มีโซเดียมไอออนมากเกินไปในน้ำสลิปจะทำให้ชั้น double layer ที่หุ้มรอบอนุภาคเซรามิกบางลง ซึ่งจะส่งผลให้อนุภาคเซรามิกไม่แขวนลอยอย่างเสถียรในน้ำสลิป[1] ที่จุดนี้การเติม deflocculant เพิ่มเข้าไปอีกกลับจะทำให้น้ำสลิปตกตะกอนมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังไม่เติม deflocculant เข้าไปในน้ำสลิปมากเกินไป วิธีการที่ถูกต้องในการเติมโซเดียมซิลิเกตลงไปในน้ำสลิปคือให้ละลายโซเดียมซิลิเกตให้เจือจางแล้วค่อยๆ เติมลงไปทีละน้อย[2] เรียกการทำให้น้ำสลิปแขวนลอยอย่างเสถียร โดยการเติมไอออนที่มีประจุไปจับกับอนุภาคในน้ำสลิปว่า electrostatic stabilization[1, 3]

ได้กล่าวถึงเหตุผลที่เรานิยมเลือกใช้โซเดียมซิลิเกตเป็น deflocculant ในน้ำสลิปไปแล้วสี่ข้อ จริงๆ แล้วยังมีเหตุผลที่สำคัญอีกข้อหนึ่งคือซิลิเกตไอออน (SiO_3^{2-}) ซึ่งแตกตัวออกมาจากโซเดียมซิลิเกตสามารถไปจับกับแมกนีเซียมไอออนและแคลเซียมไอออน ซึ่งมักจะปนเปื้อนอยู่ในรูปของสารเจือปน (impurity) ในน้ำสลิปดินได้เป็นเกลือแมกนีเซียมซิลิเกต ($MgSiO_3$) และแคลเซียมซิลิเกต ($CaSiO_3$) ที่ซึ่งไม่ละลายน้ำ เนื่องจากทั้งแมกนีเซียมไอออน และแคลเซียมไอออนเป็น flocculating ions การจับแมกนีเซียมไอออนและแคลเซียมไอออนจึงทำให้อนุภาคเซรามิกในน้ำสลิป deflocculate คือแขวนลอยอย่างเสถียรและไหลตัวได้ดียิ่งขึ้น

อนึ่งหากน้ำสลิปดินมีการไหลตัวดีเกินไปเราอาจจะแก้ไขได้โดยการเติมเกลือพวก flocculant ซึ่งแตกตัวให้ไอออนที่มีประจุสองหรือสามบวกออกมา เช่น แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) หรือแมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) แต่นักเซรามิกบางคนมักจะเติมพวกเกลือซัลเฟตมากกว่า เพราะเชื่อว่าซัลเฟตไอออนมีส่วนทำให้น้ำสลิปดิน flocculate มากยิ่งขึ้นด้วย อีกประการหนึ่งถ้าเกิดพลาดเติมเกลือซัลเฟตเข้าไปมากเกินไปเราสามารถกำจัดซัลเฟตไอออนส่วนเกินได้โดยการเติมแบเรียมไฮดรอกไซด์ ($Ba(OH_2)$) ลงไปในน้ำสลิปเพราะแบเรียมไอออนที่แตกตัวออกมาจากแบเรียมไฮดรอกไซด์สามารถไปจับตัวกับซัลเฟตไอออนได้เป็นเกลือแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) ที่ไม่ละลายน้ำออกมา ในทางตรงกันข้ามการใช้เกลือคลอไรด์ เช่น แคลเซียมคลอไรด์หรือแมกนีเซียมคลอไรด์เป็น flocculants นั้นจะมีผลเสีย เพราะหากพลาดเติมเกลือพวกนี้เข้าไปมากเกินไปจะไม่สามารถกำจัดคลอไรด์ไอออนส่วนเกินในน้ำสลิปออกไปได้เลย เพราะว่าเกลือคลอไรด์เกือบทุกชนิดละลายน้ำได้ดี

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าเราต้องคำนึงถึงไอออนที่จะแตกตัวออกมาในการเลือก deflocculants หรือ flocculants ที่จะเติมลงไปในน้ำสลิป โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องคำนึงว่าถ้าเกิดพลาดเติมมากเกินไปจะกำจัดไอออนส่วนเกินออกไปจากน้ำสลิปได้อย่างไร เช่นถ้าน้ำสลิปมีแมกนีเซียมไอออน แคลเซียมไอออน หรืออะลูมิเนียมไอออนส่วนเกิน เราอาจจะกำจัดได้โดยการเติมเกลือที่แตกตัวให้ซิลิเกตไอออนออกมา เพราะซิลิเกตไอออนสามารถไปจับกับไอออนข้างต้นเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำแล้วตกตะกอนออกไปจากน้ำสลิปได้ อย่างไรก็ตามเราไม่สามารถกำจัดโซเดียมไอออนคลอไรด์ไอออนและไนเตรทไอออน (NO_3^-) ออกไปจากน้ำสลิปได้เลย เพราะเกลือแทบทุกชนิดของไอออนเหล่านี้ละลายน้ำได้ดี

สมัยก่อนๆ อาจารย์เซรามิกมักจะสอนให้ลูกศิษย์รู้จักผลของการเติม flocculants และ deflocculants เข้าไปในน้ำสลิปดินดังนี้ แรกสุดเขาจะให้ลูกศิษย์เติมแคลเซียมคลอไรด์ซึ่งเป็น flocculant ลงไปในน้ำสลิปดินแล้วคอยวัดความหนืด (viscosity) จนกระทั่งเมื่อพบว่าความหนืดเพิ่มขึ้นมากแล้วก็ให้เติมโซเดียมซิลิเกตเข้าไปแก้ เมื่อเติมโซเดียมซิลิเกตเข้าไปความหนืดของน้ำสลิปจะต่ำลง เพราะซิลิเกตไอออนไปจับกับแคลเซียมไอออนเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำตกตะกอนลงมา ต่อจากนั้นโซเดียมไอออนก็จะเข้าไปแทนที่และทำลายโครงสร้างแบบเจลทำให้น้ำสลิปไหลตัวได้ดีขึ้น (deflocculate) เมื่อน้ำสลิปไหลตัวดีแล้วอาจารย์จะให้เติมแคลเซียมคลอไรด์เข้าไปในน้ำสลิปอีกจนน้ำสลิปมีความหนืดมากๆ (flocculate) ก็ให้เติมโซเดียมซิลิเกตลงไปแก้อีก ให้ทำแบบนี้ไปเรื่อยๆ ทำไปไม่กี่รอบก็จะพบว่าสุดท้ายแล้วโซเดียมซิลิเกตจะไม่สามารถทำให้น้ำสลิปเหลวและไหลตัวได้ดีอีกต่อไป เพราะการเติมแคลเซียมคลอไรด์และโซเดียมซิลิเกตแต่ละเที่ยวจะให้ทั้งคลอไรด์และโซเดียมไอออนส่วนเกินที่ไม่ถูกกำจัดออกไปจากน้ำสลิปเลย ไอออนส่วนเกินเหล่านี้จะทำให้ความหนาของชั้น double layer ที่เคลือบรอบๆ อนุภาคเซรามิกในน้ำสลิปบางลง[1, 3] และทำให้น้ำสลิปมีการนำไฟฟ้ามากขึ้น[4] ทั้งสองอย่างนี้จะส่งผลให้ไม่สามารถ deflocculate และทำให้อนุภาคเซรามิกแขวนลอยอย่างเสถียรด้วยวิธี electrostatic stabilization อีกต่อไป อนึ่งเราอาจจะ deflocculate น้ำสลิปอีกวิธีหนึ่งโดยการเติมสารประกอบพวกพอลิเมอร์เข้าไปในน้ำสลิป สารประกอบพวกนี้จะไปเคลือบรอบๆ อนุภาคเซรามิกและ flocculating ions ในน้ำสลิป ทำให้อนุภาคเซรามิก deflocculate หรือแขวนลอยอย่างเสถียรในน้ำสลิปด้วยวิธี steric stabilization[1, 3] จะเห็นว่าวิธีนี้ไม่ได้แยกเอาแคลเซียม และแมกนีเซียมไอออนออกไปจากน้ำสลิปแล้ว แต่เป็นการเอาพอลิเมอร์ไปเคลือบรอบๆ ไอออนเหล่านั้นเฉยๆ ดังนั้นการตีกวนน้ำสลิปแรงๆ อาจจะทำให้ flocculating ions แยกตัวออกมาจากพอลิเมอร์กลับไปเกาะรอบๆ อนุภาคดินอีกที ทำให้พฤติกรรมของน้ำสลิปเปลี่ยนไปก็ได้ จึงต้องคำนึงถึงเรื่องนี้ด้วย นอกจากนี้การ deflocculate ด้วยวิธีการแบบนี้จะทำให้เกิดภาระในการเผาไล่พอลิเมอร์ออกไปก่อนการ sintering ด้วย นักเซรามิกบางคนจึงหันไปใช้วิธีการ deflocculate น้ำสลิปของเขาด้วยวิธีการที่กึ่ง electrostatic และ กึ่ง steric stabilization เรียกว่าวิธี electrosteric stabilization[1, 3]

เอกสารอ้างอิง

1) สุธรรม ศรีหล่มสัก; (2549) " การทำให้อนุภาคเซรามิกแขวนลอยอย่างเสถียรในน้ำสลิป II, " วารสารเทคโนโลยีสุรนารีปีที่ 13 ฉบับที่ 3 ก.ค.- ก.ย. 2549 หน้า 271-283.

2) Laguna Clay Company "Art of Slipmaking" available from http://www.lagunaclay.com/catalog/pdf/lcc_artslip.pdf access on Aug 18, 2007.

3) สุธรรม ศรีหล่มสัก; (2549) " การทำให้อนุภาคเซรามิกแขวนลอย อย่างเสถียรในน้ำสลิป I, " วารสารเทคโนโลยีสุรนารี ปีที่ 13 ฉบับที่ 3 ก.ค.- ก.ย. 2549 หน้า 259-270.

4) Dennis R. Dinger, "The Effects of Sodium and Silicate Ions on Whiteware Suspensions, " Ceramic Processing E-zine, Vol. 4 No 8, June 2006. available from http://www.dingerceramics.com/CeramicProcessingE-zine/ CPE BackIssues/Vol4Num8.htm access on Aug 15, 2007.

5) Digital Fire corporation "Understanding the Deflocculation Process in Slip Casting", available at http://ceramic-materials.com/cermat/education/213.html access on Aug 18, 2007