ผลของอินทรีย์วัตถุ เกลือละลายน้ำ และลักษณะเฉพาะ ต่อวิทยากระแส และสมบัติการหล่อของบอลเคลย์

นาง วรางคณา กลิ่นสุคนธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิก ภาควิชาวัสดุศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541
ISBN 974-639-646-3
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19322975

EFFECTS OF ORGANIC MATTER, SOLUBLE SALTS AND CHARACTERISTICS OF BALL CLAYS ON THEIR RHEOLOGICAL AND CASTING PROPERTIES.

Mrs. Varangkana Klinsukol

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Master of Science in Technology Ceramics
Department of Materials Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998
ISBN 974-639-646-3

Thesis Title	Effects of Organic Matter, Soluble Salts and Characteristics of Ball Clays on Their Rheological and Casting Properties.
By	Varangkana Klinsukol
Department	Materials Science
Thesis Advisor	Assistant Professor Khemchai Hemachandra, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Chan Chanyavanich, Ph.D.

.....

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree.

..... Dean of Graduate School
(Professor Supawat Chutivongse, M.D.)

Thesis Committee

..... Chairman
(Associate Professor Paiparn Santisuk)

.....Thesis Advisor
(Assistant Professor Khemchai Hemachandra, Ph.D.)

.....Thesis Co-advisor
(Chan Chanyavanich, Ph.D.)

.....Member
(Paisan Kanchanapiboon)

.....Member
(Lada Punsukumtana, Ph.D.)

วรางคณา กลิ่นสุคนธ์ : ผลของอินทรีย์วัตถุ เกลือละลายน้ำ และลักษณะเฉพาะต่อวิทยากระแส และสมบัติการหล่อของบอลเคลย์ (EFFECTS OF ORGANIC MATTER, SOLUBLE SALTS AND CHARACTERISTICS OF BALL CLAYS ON THEIR RHEOLOGICAL AND CASTING PROPERTIES) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. เข็มชัย เหมะจันทร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร. ชาญ จรรยาวนิชย์ ; 209 หน้า, ISBN 974-639-646-3.

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแตกต่างขององค์ประกอบต่างๆในบอลเคลย์ที่มีต่อคุณภาพของน้ำดิน ซึ่งใช้ในการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ในประเทศ วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มต้นด้วยการคัดเลือกบอลเคลย์ ที่มีสมบัติการใช้งานที่ดีจากแหล่งกำเนิดต่างประเทศ 4 ตัวอย่าง และในประเทศ 3 ตัวอย่าง กับบอลเคลย์ที่มีสมบัติการใช้งานเป็นรอง 4 ตัวอย่าง ทั้งหมด 11 ตัวอย่าง เป็นตัวแทนสำหรับวิจัยเปรียบเทียบ ผลการวิจัยประกอบด้วย 4 หมวด ๆแรก ตรวจสอบลักษณะเฉพาะทั่วไป ประกอบด้วย วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี องค์ประกอบทางแร่ การกระจายขนาดของอนุภาค และโครงสร้างจุลภาค หมวดที่ 2 เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณของอินทรีย์วัตถุ ซึ่งประกอบด้วยค่า ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด ปริมาณคาร์บอน อนินทรีย์ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ตลอดจนการสกัดหาปริมาณ กรดฮิวมิคและเบตาฮิวมัส แล้วนำไปทดสอบเปรียบเทียบด้วยวิธีนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี หมวดที่ 3 เป็นการวิเคราะห์ปริมาณเกลือละลายน้ำที่มีในตัวอย่างดิน คือแคตไอออน 6 รายการ แอนไอออน 6 รายการ รวมทั้งค่า ปริมาณสารที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ความกระด้างทั้งหมดในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต และค่าความกระด้างที่ไม่ใช่คาร์บอเนต หมวดที่ 4 เป็นการวัดสมบัติทางวิทยากระแสและสมบัติการหล่อตั้งแต่การตอบสนองต่อสารช่วยการกระจายลอยตัว ความแข็งแรงสัมพัทธ์ของเจล การตอบสนองต่อแรงเฉือน ค่าความหนืด และทิกโซโทรปี ส่วนความหนาในการหล่อวัดด้วยเครื่อง Baroid filter press และการหล่อจริงในแบบปูนปลาสเตอร์

สมบัติการใช้งานของดินแต่ละกลุ่ม ถูกพิจารณาเปรียบเทียบกับผลการวิจัยในแต่ละกลุ่ม และผลการทดลองยืนยันว่า ชนิดและปริมาณอินทรีย์วัตถุและเกลือละลายน้ำที่มีอยู่ในดินแต่ละกลุ่มมีอิทธิพลต่อสมบัติทางวิทยากระแสของบอลเคลย์ ในตอนท้ายได้มีความพยายามใช้กรดฮิวมิคที่มีจำหน่ายในท้องตลาดและกรดฮิวมิคที่สกัดได้จากบอลเคลย์บางตัวอย่างเติมลงในบอลเคลย์แหล่งที่มีอินทรีย์วัตถุตั้งต้นน้อย เพื่อเปรียบเทียบสมบัติด้วยข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้นับว่าเป็นการตรวจลักษณะเฉพาะของบอลเคลย์ที่ใช้ใน อุตสาหกรรมสุขภัณฑ์ในแง่มุมละเอียดที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลการวิเคราะห์และสกัดอินทรีย์วัตถุ ข้อมูลเบื้องต้นเหล่านี้สามารถนำมาใช้เป็นมาตรการในการผลิตบอลเคลย์ งานควบคุมคุณภาพวัตถุดิบในโรงงาน หรือการอ้างอิงเพื่อการวิจัย และที่สำคัญที่สุดงานวิจัยครั้งนี้เป็นรากฐานการพัฒนาในอนาคตที่จะนำไปสู่การเลือกหรือการผลิตอินทรีย์วัตถุ และการผลิตบอลเคลย์ที่มีสมบัติโดยรวมดีเด่นขึ้นเป็นที่ต้องการของตลาด สำหรับใช้ผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ผลงานวิจัยประกอบด้วย 90 รูปภาพ, 8 ตาราง และเอกสารอ้างอิง 38 รายการ

ภาควิชา วัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีเซรามิก ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

คำชี้แจงการพิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์

ให้ปฏิบัติดังนี้

1. พิมพ์บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ ความยาวไม่เกิน 1 หน้า ลงในกรอบสีเขียวด้านหลังของกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อฯ ที่บัณฑิตวิทยาลัยจะมอบให้เพียงแผ่นเดียวเท่านั้น (ดูตัวอย่างข้างล่าง)
2. ถ่ายสำเนาบทคัดย่อฯ ที่พิมพ์เสร็จแล้ว ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เรียงไว้หน้าบทคัดย่อของต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ทุกเล่ม
3. ส่งกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อฯ (ซึ่งได้พิมพ์บทคัดย่อฯ เรียบร้อยแล้ว) พร้อมด้วยสำเนา 1 ชุด ที่งานมาตรฐานการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย ในวันส่งต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ข้อแนะนำ

1. เพื่อป้องกันการผิดพลาดหรือชำรุด นิสิตควรทดลองพิมพ์ บทคัดย่อฯ ในกระดาษ A4 ซึ่งตีกรอบเท่าตัวอย่างให้ถูกต้องก่อนพิมพ์ลงด้านหลังของกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อ
2. การพิมพ์ ชื่อผู้วิจัย ชื่อเรื่องภาษาไทย-อังกฤษ ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา จำนวนหน้า การเว้นระยะ การเว้นบรรทัด ให้ดูตัวอย่างข้างล่าง (ชื่อ ยศ ให้พิมพ์ต่อท้ายชื่อสกุลของผู้วิจัยคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค ",")

ตัวอย่างการพิมพ์บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาไทย

สรัญยา ณ ลำปาง : การขยายพันธุ์โกงกางใบเล็ก *Rhizophora apiculata* Blume. ด้วยวิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและการปักชำ (PROPAGATION OF *Rhizophora apiculata* Blume. BY TISSUE CULTURE AND HYPOCOTYL CUTTING TECHNIQUES) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร. ประสาทพร สมิตะมาน ; 90 หน้า. ISBN 974-634-954-6.

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากส่วนยอด, ข้อ, เอมบริโอ, ไฮโปคอทิล และใบของโกงกางใบเล็กบนอาหารสังเคราะห์สูตร Gauthere (1942), สูตร Hildebrandt, Riker & Dauggar (1946) สูตร Heller (1953), สูตร Nitsch & Nitsch (1956) และสูตร Murashige & Skoog (1962) เสริมด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต 2 ชนิด คือ ออกซิน (IAA, IBA, NAA, 2,4-D) และไซโตไคนิน (BAP, Kinetin) ระดับความเข้มข้น 4 ระดับคือ 0, 2, 5 และ 10 มก./ล. พบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงบนอาหารทุกสูตรให้ผลใกล้เคียงกันคือ เนื้อเยื่อเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว จึงยังไม่สามารถตอบสนองต่อการพัฒนาเป็นแคลลัสและเจริญเปลี่ยนแปลงต่อไปได้ วิธีที่ดีที่สุดที่ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลให้ช้ากว่าปกติคือ การเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในอาหารเหลว MS ที่เสริม 0.5% PVP โดยเลี้ยงบนเครื่องเขย่า 75 รอบต่อนาที จากนั้นย้ายเนื้อเยื่อพืชไปเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็ง MS และเปลี่ยนอาหารทุกวัน ซึ่งพบว่ามีการพัฒนาของใบจากส่วนยอด แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้

การศึกษาการใช้ออกซินและระดับความเข้มข้นต่างๆต่อการกระตุ้นการสร้างรากและยอดพืชเพื่อขยายพันธุ์โกงกางใบเล็ก กระทำโดยนำฝักโกงกางใบเล็กมาตัดออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนยอด ส่วนกลาง และส่วนโคน หลักจากนั้นนำปลายของแต่ละส่วนมาจุ่มในออกซิน 3 ชนิด คือ IAA, IBA และ NAA ที่ระดับความเข้มข้น 500, 1,000, 2,000, 4,000 และ 6,000 มก./ล. และใช้ชิ้นส่วนชนิดเดียวกันที่ไม่จุ่มออกซินเป็นชุดควบคุม พบว่า IAA และ IBA มีผลต่อการพัฒนาของยอด

แนวกรอบสี่เหลี่ยมสำหรับพิมพ์ข้อความ

แนวพิมพ์ชื่อผู้วิจัย ชื่อวิทยานิพนธ์ อาจารย์ที่ปรึกษา จำนวนหน้า และ ISBN

เว้นระยะ 2 บรรทัด

แนวย่อหน้าเริ่มพิมพ์ข้อความ

เว้นระยะ 1 บรรทัด

3971573623 : MAJOR CERAMIC TECHNOLOGY
KEY WORD: ORGANIC MATTER / SOLUBLE SALTS / BALL CLAYS / RHEOLOGICAL PROPERTIES/CASTING PROPERTIES
VARANGKANA KLINSUKOL : EFFECTS OF ORGANIC MATTER , SOLUBLE SALTS AND CHARACTERISTICS OF BALL CLAYS ON THEIR RHEOLOGICAL AND CASTING PROPERTIES. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. KHEMCHAI HEMACHANDRA, Ph.D. CHAN CHANYAVANICH, Ph.D. 209 pp. ISBN 974-639-646-3.

Characteristic features of ball clay that have influence on slip rheology and casting properties were studied. The ball clay samples were classified into 3 groups; 11 samples: the first group is local ball clays having good rheological and casting properties, the second group is imported ball clays having superior rheological and casting properties and the last group is ball clays that have inferior rheological and casting properties. For comparative study, the samples were investigated with 4 groups of characterizing techniques, the first is general characterization which consist of chemical, mineralogical and microstructural together with particle size distribution analysis. The second is organic matter characterization such as total carbon, inorganic carbon and organic carbon. Extractable humic substance were quantitative analyzed and classified into humic acid and β-humus then identified by Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR). The third group is soluble salts analysis of 6 cations and 6 anions including total dissolved solid, carbonate hardness and non-carbonate hardness. The last feature is rheology and casting properties by studying about deflocculation response, gelation, relative gel-strength, shear response, viscosity and thixotropy. For casting rate test were made with Baroid Filter Press and plaster mold.

The results confirm that organic matter and soluble salts in each group of ball clays have influence on rheological and casting properties. Finally, efforts had been made by adding extractable humic acid from some ball clay samples and commercial humic acid to low organic ball clay to study their rheological and casting properties

The results of this intensive sanitaryware ball clay characterization will benefit ball clay manufacturers and sanitaryware industry. They can use this information to improve in quality control of Thai ball clays. The ultimate advantage was to establish the new concepts of organic matter selection and production and finally towards the production of high quality ball clays for the sanitaryware industries. This research consists of 90 figures, 8 tables and 38 references.

ภาควิชา วัสดุศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เทคโนโลยีเซรามิก ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

คำชี้แจงการพิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์

ให้ปฏิบัติดังนี้

1. พิมพ์บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ ความยาวไม่เกิน 1 หน้า ลงในกรอบสีเขียวด้านหลังของกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อฯ ที่บัณฑิตวิทยาลัยจะมอบให้เพียงแผ่นเดียวเท่านั้น (ดูตัวอย่างข้างล่าง)
2. ถ่ายสำเนาบทคัดย่อฯ ที่พิมพ์เสร็จแล้ว ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เรียงไว้หน้าบทคัดย่อของต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ทุกเล่ม
3. ส่งกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อฯ (ซึ่งได้พิมพ์บทคัดย่อฯ เรียบร้อยแล้ว) พร้อมด้วยสำเนา 1 ชุด ที่งานมาตรฐานการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย ในวันส่งต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ข้อแนะนำ

1. เพื่อป้องกันการผิดพลาดหรือชำรุด นิสิตควรทดลองพิมพ์ บทคัดย่อฯ ในกระดาษ A4 ซึ่งตีกรอบเท่าตัวอย่างให้ถูกต้องก่อนพิมพ์ลงด้านหลังของกระดาษแบบพิมพ์บทคัดย่อ
2. การพิมพ์ ชื่อผู้วิจัย ชื่อเรื่องภาษาไทย-อังกฤษ ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา จำนวนหน้า การเว้นระยะ การเว้นบรรทัด ให้ดูตัวอย่างข้างล่าง (ชื่อ ยศ ให้พิมพ์ต่อท้ายชื่อสกุลของผู้วิจัยคั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค ",")

ตัวอย่างการพิมพ์บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ

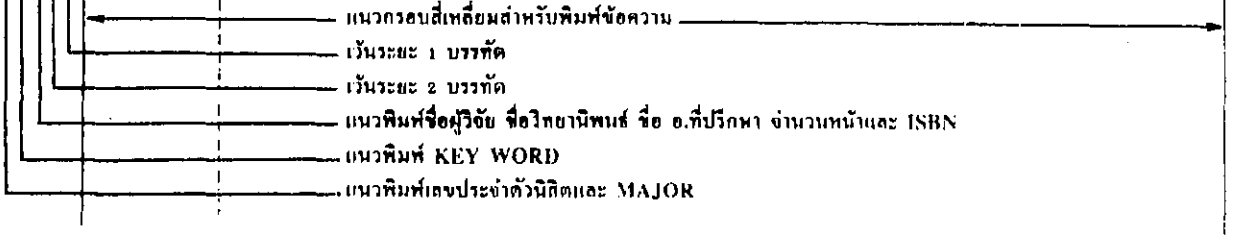
C626830 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD: *Rhizophora apiculata* / PROPAGATION / TISSUE CULTURE / HYPOCOTYL CUTTING / MANGROVE

SARUNYA NALUMPANG : PROPAGATION OF *Rhizophora apiculata* Blume. BY TISSUE CULTURE AND HYPOCOTYL CUTTING TECHNIQUES. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. PIPAT PATANAPONPAIBOON, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. PRASARTPORN SMITAMANA, Ph.D. 90 pp. ISBN 974-634-954-6.

Shoot tips, nodes, embryos, hypocotyls and leaf discs from mangrove (*Rhizophora apiculata* Blume.) were cultured on the following media : Gauthere (1942), Hilderbrandt, Riker & Dauggar (1946), Heller (1953), Nitsch & Nitsch (1956) and Murashige & Skoog (1962) supplemented with various form of auxins (IAA, IBA, NAA, 2, 4-D) and cytokinins (BAP, kinetin) at 4 different concentrations (0, 2, 5 and 10 ppm.). All of the media used in the studies revealed the same results that rapid browning of the cultured tissues could be observed. No callus formation or further development of the tissues could be obtained. Though the adding of 0.5% PVP to the liquid MS medium, shook at 75 rpm on the rotary shaker and daily sub-culture could prolong the browning of the tissue which some development of the leaves from the shoot tip could be noticed, however, no real plantlet could be obtained.

Studies on the effects of auxins on the root and shoot promoting of the mangrove's seedlings were done by cutting the seedlings into 3 parts : top, middle and bottom. Each part were then dipped in either forms of auxins : IAA, IBA and NAA at the concentration of 500, 1,000, 2,000, 4,000 and 6,000 ppm. None auxin treated seedlings' parts were used as control group. The results showed that auxin at 2,000 ppm. could promote the better root development than other concentrations. The root enhancement of the top and bottom parts of the seedling were found when the IBA was applied, whereas the middle part of the seedling gave the better responded to IAA. Only IAA explicated the best action for the shoot development with the concentration of 2,000 ppm. on the top and bottom parts and 1,000 ppm. on the middle part. Furthermore, on the root development in the shoot derived from the cutting , IBA (500 ppm.) gave the best stimulation on the top part and IAA (1,000 ppm.) revealed the highest action to the middle and bottom parts of the seedlings.



ACKNOWLEDGMENT

I would like to express my deepest gratitude to all those people, who in one way or another contributed to the conclusion of this work. To Assistant Professor Dr. Khemchai Hemachandra for his suggestion, Dr. Chan Chanyavanich, for his knowledge of clays and slips and especially for his advice in the presentation and technical support. To Mr. Aumnouvut Sarasalin for supporting me to enroll my Master degree. To Mr. Niphon Panichsukpaisan and Mr. Paisan Kanchanapiboon for technical support. To Mrs. Somsup Athikomrungsarit, for her help in soluble salts analysis. To Mrs. Pornsri Krobbuaban, for her organic matter analysis by Leco EC-12 and extraction technique. To Associate Professor Dr. Paiboon Prabuddhem, for enlightening me humic substance in soil science. To the National Metal and Materials Technology Center (MTEC), Dr. Sirinat Detchprohm and Mr. Thanawit Pothsri, for Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy (NMR) ; Dr. Buncha and Dr. Aree Thanaboonsombut, Mr. Apichat Leckngam and Mr. Teeraput Sombutwong, for Scanning Electron Microscope (SEM). To Dr. Lada Punsukumtana, for her suggestion.

My sincerely appreciation presents to Miss Othong Kanjanatanom, for her technical information.

Finance was supported by Rangsit University, Clays and Minerals (Thailand) Ltd. and American Standard (Thailand) Public Co., Ltd.

Thanks are also due to my elder brother, Mr. Charlie Leelasiri for his manuscript editing assistance.

And especially to my family for giving me the strength and chance to fulfill such an important goal. None of this would have ever been possible, without the help and faithful support of my husband, Mr. Suchai Klinsukol. His patience, dedication and positively constant encouragement were fundamental throughout the entire process. He deserves all my esteem for all of the hard work he did.

Table of Contents

Page

Abstract (Thai)....iv

Abstract (English)....v

Acknowledgment....vi

List of Tables....xi

List of Figures....xxi

Chapter

1. Introduction....1

2. Literature Survey....4

2.1 The Thai Sanitaryware Industry....4

2.2 Ball Clays used in Thailand....8

2.3 Characterization of Sanitaryware bodies....15

2.4 Effect of Organic Matter on Ball Clay....17

2.4.1 Effect on casting property....18

2.5 Effect of Soluble Salts on Ball Clay....21

2.6 Organic Matter in Soil Science....23

2.6.1 Properties of humic acid and fulvic acid....24

2.6.2 Effect of chemical structure of organic matter on rheology....28

3. Theoretical Considerations....30

3.1 Deflocculation and Protective Colloids....30

3.1.1 Van der Waal energy of attraction....30

3.1.2 The electrical double layer....33

3.2 Viscosity and Flow....56

3.3 Rheology....64

3.4 Casting Rate....65

Page

Chapter

4. Methods of Attack.....69
4.1 Ball Clay Selection.....71
4.2 Characterizing Features of Ball Clays.....72
4.3 Quantitative Determination and Identification of Organic Matter.....73
4.4 Soluble Salts Analysis.....74
4.5 Rheological and Casting Properties Evaluation.....74
5. Experimental Procedures.....76
5.1 Ball Clay Sample Preparation Procedure.....76
5.2 Ball Clay General Characterization Method.....77
5.3 Organic Matter Analytical Procedure.....77
5.3.1 Total Carbon (TC), Inorganic Carbon (IC) and Organic Carbon (OC) by Leco EC-12 Carbon Analyser.....77
5.3.2 Extractable Humic and Fulvic acid by Gross Chemical Fractionation of Organic Matter.....78
5.3.3 Humic and Fulvic Identification by NMR.....79
5.4 Soluble Salts Analytical Procedure.....85
5.5 Rheological and Casting Properties Determination.....86
5.5.1 Flow Characterization.....86
5.5.1.1 Deflocculation Response.....86
5.5.1.2 Thixotropy.....86
5.5.1.3 Flow Measurement by Brookfield Viscometer.87
5.5.1.4 Flow Measurement by Gallenkamp Viscometer.87
5.5.2 Casting Properties Measurement.....88
5.5.2.1 Cast Rate by Baroid Filter Press.....88
5.5.2.2 Cast Rate by Plaster Mold.....88

Page

Chapter

6. Results.....89
6.1 General Characterization of Ball Clays.....89
6.1.1 Chemical Composition.....89
6.1.2 Mineral Composition.....90
6.1.3 Microstructure by
6.1.3.1 Scanning Electron Microscope (SEM).....93
6.1.3.2 Transmitted Electron Microscope (TEM).....98
6.1.4 Particle Size Distribution.....104
6.2 Organic Matter.....110
6.2.1 Total Carbon (TC), Inorganic Carbon (IC) and Organic Carbon (OC) by Leco EC-12 Carbon Analyser.....110
6.2.2 Humic and Fulvic Identification by NMR.....122
6.3 Soluble Salts.....124
6.4 Rheological and Castings Properties.....125
6.4.1 Effect of Temperature on Rheology.....125
6.4.2 Deflocculation Response.....129
6.4.3 Gelation and Relative Gel-strength.....133
6.4.4 Shear Response.....142
6.4.5 Casting Properties.....177
7. Discussion of Results.....180
7.1 General Characterization of Ball Clays.....180
7.1.1 Chemical Composition.....180
7.1.2 Mineral Composition.....181
7.1.3 Microstructure by
7.1.3.1 SEM (Scanning Electron Microscope).....181
7.1.3.2 TEM (Transmitted Electron Microscope).....182

Page

Chapter

7.1.4 Particle Size Distribution.....183
7.2 Organic Matter.....184
7.3 Soluble Salts.....187
7.4 Rheological and Casting Properties.....187
7.4.1 Rheological properties.....188
7.4.2 Casting Properties.....193
8. Summary and Conclusions.....195
9. Suggestion.....197
References.....198
Appendices.....203
Appendix A.....203
Appendix B.....208
Biography.....210

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

List of Tables

Table		Page
2.1	Lists of names and production scales of Thai sanitaryware factories	5
2.2	Sanitaryware exports (m.Baht)	7
2.3	Chemical composition of some Thai ball clays	13
2.4	Mineral composition of some Thai ball clays	13
2.5	Particle size distribution of some Thai ball clays	14
2.6	Physical and rheology of some Thai ball clays	14
2.7	Modulus of rupture of Florida kaolin treated with different humic acids	19
2.8	Water of plasticity of Florida kaolin treated with different humic acids	19
2.9	Average chemical composition of soil humic substances worldwide	27
2.10	Important functional group in soil humus	28
5.1	Some of the nuclei routinely used in NMR	80
6.1	Chemical analysis of ball clays by XRF	89
6.2	Mineral analysis of ball clays by XRD	92
6.3	Particle size analysis of ball clays	104
6.4	Organic matter analysis of ball clays	110
6.5	Soluble salts analysis of ball clays	124
6.6	Casting properties of ball clays	177
6.7	Casting properties of MT and MT added with different sources of humic acid	178
6.8	Casting properties of MT added with different contents of commercial humic acid	179

List of Figures

Figure		Page
2.1	Jae Korn ball clay	10
2.2	Mae Than ball clay mining	11
2.3	Mae Than ball clay	11
2.4	Kok Kharm ball clay from tumbol Kok Kharm amphur Ron Phiboon Nakhon Si thammarat province	12
2.5	Effect of humic acid additions on viscosity of 25 % Florida kaolin slurry	20
3.1	The repulsive diffuse double layer at maximum deflocculation, with hydrated divalent cations adsorbed in the "double layer" + VDW attraction = net potential energy barrier	39
3.2	The repulsive diffuse double layer at both maximum deflocculation and flocculation, with hydrated divalent cations adsorbed in the "double layer" + VDW attraction to provide extremes of the net potential energy barriers	43
3.3	The repulsive diffuse double layer at optimum deflocculation and, flocculation, with hydrated cations adsorbed in the double layer + VDW attraction to provide stable net potential energy barriers	45
3.4	Configuration of water adsorbed onto the basal surface of a clay mineral	48
3.5	Superposition of water structure on the basal oxygen layer of vermiculite	48
3.6	Configuration of water structure showing the bond through hydrogens to the clay surface	49
3.7	Adsorption of hydrated cations to an electronegative hydrophobic surface	50
3.8	Adsorption of hydrated cations to an electronegative hydrophilic surface	51
3.9	Adsorption of a cationic copolymer to an electronegative powder surface	52

Figure **Page**

3.10 Adsorption of a grafted anionic copolymer to an electronegative powder surface.....53
3.11 Model of adsorbed humic acid on clay particle.....54
3.12 Theoretical parallel plate arrangement illustrating simple (Newtonian) flow.....57
3.13 Typical flow curves for Newtonian plastic, pseudoplastic, and dilatant flow.....60
3.14 Typical flow curves for thixotropic and turbulent flow.....64
3.15 Casting rate of sanitaryware casting slip plot between cake thickness And square root of time.....66
3.16 Baroid filter press schematic diagram.....68
4.1 Method of attack chart.....70
4.2 Ball clays characterization chart.....73
5.1 Ball clay sample preparation chart.....76
5.2 Total carbon, organic carbon and inorganic carbon analytical procedure chart.....77
5.3 Extraction of humic substance chart.....78
5.4 CP/MAS ^{13}C NMR spectra of three isolated humic acids.....83
5.5 CP/MAS (A) and ^{1}H (B) NMR spectra of Singletary lake fulvic acid.....84
6.1 XRD-pattern of ball clays group I and II.....90
6.2 XRD-pattern of ball clays group III.....91
6.3 SEM micrograph of MS (x 20,000).....93
6.4 SEM micrograph of MVW (x 20,000).....93
6.5 SEM micrograph of MT (x 20,000).....94
6.6 SEM micrograph of SB-75 (x 20,000).....94
6.7 SEM micrograph of HVC (x 20,000).....95
6.8 SEM micrograph of REX (x 20,000).....95
6.9 SEM micrograph of BB (x 20,000).....96
6.10 SEM micrograph of JK (x 20,000).....96
6.11 SEM micrograph of KK (x 20,000).....97
6.12 SEM micrograph of WN (x 20,000).....97

Figure **Page**

6.13 SEM micrograph of PC (x 20,000)....98
6.14 TEM micrograph of MS (x 75,000)....98
6.15 TEM micrograph of MVW (x 75,000)....99
6.16 TEM micrograph of MT (x 75,000)....99
6.17 TEM micrograph of SB-75 (x 75,000)....100
6.18 TEM micrograph of HVC (x 75,000)....100
6.19 TEM micrograph of REX (x 75,000)....101
6.20 TEM micrograph of BB (x 75,000)....101
6.21 TEM micrograph of JK (x 75,000)....102
6.22 TEM micrograph of KK (x 75,000)....102
6.23 TEM micrograph of WN (x 75,000)....103
6.24 TEM micrograph of PC (x 75,000)....103
6.25 Residue of ball clays in group I (MS, MVW, MT)....105
6.26 Residue of ball clays in group II (SB-75, HVC)....106
6.27 Residue of ball clays in group II (REX, BB)....107
6.28 Residue of ball clays in group III (JK, KK)....108
6.29 Residue of ball clays in group III (WN, PC)....109
6.30 Extractable humic acid, β-humus and fulvic solution of MS....111
6.31 Extractable humic acid, β-humus and fulvic solution of MVW....112
6.32 Extractable humic acid, β-humus and fulvic solution of MT....113
6.33 Extractable humic acid, β-humus and fulvic solution of SB-75....114
6.34 Extractable humic acid, β-humus and fulvic solution of HVC....115
6.35 Extractable humic acid, β-humus and fulvic solution of REX....116
6.36 Extractable humic acid, β-humus and fulvic solution of BB....117
6.37 Extractable humic acid, β-humus and fulvic solution of JK....118
6.38 Extractable humic acid, β-humus and fulvic solution of KK....119
6.39 Extractable humic acid, β-humus and fulvic solution of WN....120
6.40 Extractable humic acid, β-humus and fulvic solution of PC....121
6.41 CP/MAS ^{13}C NMR spectra of extractable humic acids and commercial humic acid....122
6.42 CP/MAS ^{13}C NMR spectra of extractable β-humus....123
6.43 Viscosity vs specific gravity of ball clays used in this study....126

Figure **Page**

6.44 Effect of temperature on MS gelation (25 °C, 39 °C, 50 °C)..... 127
6.45 Effect of temperature on SB-75 gelation (25 °C, 39 °C, 50 °C)..... 128
6.46 Deflocculation response of ball clays..... 130
6.47 Deflocculation response of MT and MT added with different sources of humic acid..... 131
6.48 Deflocculation response of MT and MT added 0.1- 0.3 % commercial humic acid..... 132
6.49 Gelation of ball clays..... 134
6.50 Gelation of ball clays in group I and II..... 135
6.51 Gelation of ball clays in group III..... 136
6.52 Gelation of MT and MT added different sources of humic acid..... 137
6.53 Gelation of MT and MT added 0.1- 0.3 % of commercial humic acid..... 138
6.54 Relative Gel-strength of ball clays..... 139
6.55 Relative Gel-strength of MT and MT added different sources of humic acid..... 140
6.56 Relative Gel-strength of MT and MT added 0.1-0.3 % commercial humic acid..... 141
6.57 Shear response of MS (shear rate - shear stress curve)..... 143
6.58 Shear response of MS (shear rate - viscosity curve)..... 144
6.59 Shear response of MVW (shear rate - shear stress curve)..... 145
6.60 Shear response of MVW (shear rate - viscosity curve)..... 146
6.61 Shear response of MT (shear rate - shear stress curve)..... 147
6.62 Shear response of MT (shear rate - viscosity curve)..... 148
6.63 Shear response of SB-75 (shear rate - shear stress curve)..... 149
6.64 Shear response of SB-75 (shear rate - viscosity curve)..... 150
6.65 Shear response of HVC (shear rate - shear stress curve)..... 151
6.66 Shear response of HVC (shear rate - viscosity curve)..... 152
6.67 Shear response of REX (shear rate - shear stress curve)..... 153
6.68 Shear response of REX (shear rate - viscosity curve)..... 154
6.69 Shear response of BB (shear rate - shear stress curve)..... 155

Figure **Page**

6.70 Shear response of BB (shear rate - viscosity curve).....156
6.71 Shear response of JK (shear rate - shear stress curve).....157
6.72 Shear response of JK (shear rate - viscosity curve).....158
6.73 Shear response of KK (shear rate - shear stress curve).....159
6.74 Shear response of KK (shear rate - viscosity curve).....160
6.75 Shear response of WN (shear rate - shear stress curve).....161
6.76 Shear response of WN (shear rate - viscosity curve).....162
6.77 Shear response of PC (shear rate - shear stress curve).....163
6.78 Shear response of PC (shear rate - viscosity curve).....164
6.79 Shear response of MT (shear rate - shear stress curve).....165
6.80 Shear response of MT (shear rate - viscosity curve).....166
6.81 Shear response of MT added 0.1 % HVC extractable humic acid (shear rate - shear stress curve).....167
6.82 Shear response of MT added 0.1 % HVC extractable humic acid (shear rate - viscosity curve).....168
6.83 Shear response of MT added 0.1 % BB extractable humic acid (shear rate - shear stress curve).....169
6.84 Shear response of MT added 0.1 % BB extractable humic acid (shear rate - viscosity curve).....170
6.85 Shear response of MT added 0.1 % commercial humic acid (shear rate - shear stress curve).....171
6.86 Shear response of MT added 0.1 % commercial humic acid (shear rate - viscosity curve).....172
6.87 Shear response of MT added 0.2 % commercial humic acid (shear rate - shear stress curve).....173
6.88 Shear response of MT added 0.2 % commercial humic acid (shear rate - viscosity curve).....174
6.89 Shear response of MT added 0.3 % commercial humic acid (shear rate - shear stress curve).....175
6.90 Shear response of MT added 0.3 % commercial humic acid (shear rate - viscosity curve).....176