บทที่ 3

ทฤษฎี

ผงฟอกสี(Bleaching Earth)

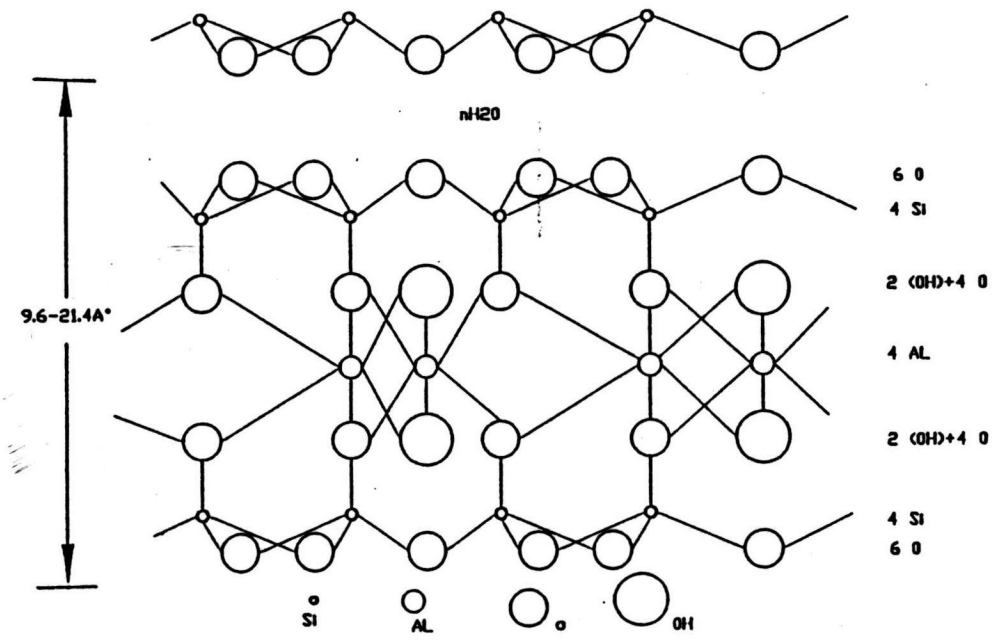
ผงฟอกสี (Bleaching Earth) หรือดินกัมมันต์ (Activated Clay) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้ให้คำกำจัดความว่าหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเบนทอไนต์ (Bentonite) มาทำปฏิกิริยากับกรด หรือสารเคมีอื่นๆ มีหลายสีเช่นสีขาว สีเหลืองอ่อน สีเทา สีน้ำตาลอ่อน สีเขียว แต่ต่อไปนี้เพื่อให้สะดวกในการกล่าวถึงจะใช้คำว่า ผงฟอกสี หรือ ดินฟอกสี (Bleaching Earth) ตลอดของการเขียนวิทยานิพนธ์นี้

ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันพืชใช้ดินฟอกสีเพื่อดูดสีของน้ำมันพืช โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ (Refined Palm Oil) ก่อนนำไปบริโภคโดยทั่วๆ ไปดินฟอกสีแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.Fuller's Earth เป็นดินที่มีส่วนประกอบของซิลิก้า(SiO_2)ต่ออลูมิน่า(Al_2O_3)สูง มีค่าอยู่ระหว่าง 4-6 และมีค่าความเป็นกรดอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 เป็นดินที่อยู่ในสภาพธรรมชาติมีความสามารถในการฟอกสีน้ำมัน ไขมัน และกรีส (Grease)ได้ในอุตสาหกรรมการผลิต Bleaching Earth จะไม่นำ Fuller's Earth มาเป็นวัตถุดิบเนื่องจากดินนี้ไม่ดูดสีเพิ่มขึ้นภายหลังผ่านกระบวนการทางเคมี ฉะนั้นในการใช้งาน จึงนำดินที่อยู่ในสภาพธรรมชาติมาใช้ในรูปผงหรือ Granular

2.Bentonite เป็นดินเหนียวประเภทหนึ่งซึ่งประกอบด้วย แร่มอนท์โมริลโลไนท์ (Montmorillonite) ตั้งแต่ 75% ขึ้นไปส่วนประกอบที่สำคัญมี ซิลิก้า อลูมิน่าและน้ำรวมอยู่ด้วยกัน Hofman และคณะ(1933) ได้เสนอโครงสร้างของแร่มอนท์โมริลโลไนท์ไว้ว่าแต่ละหน่วยของโครงสร้างประกอบด้วยอลูมิน่าหนึ่งชั้น ซึ่งถูกประกบอยู่ระหว่างชั้นของซิลิก้า หน่วยของโครงสร้างจะเชื่อมโยงกันอยู่ด้วยแรงแวนเดอวาลล์(Van Der Waal's Bond) ซึ่งเป็นแรงชนิดอ่อนและมีช่องว่างระหว่างหน่วยที่มีน้ำหลายๆ โมเลกุลกับประจุบวกของธาตุ

โลหะเช่น Ca^{++} Na^{+} และ Li^{+} ประจุอยู่ดังรูปที่ 3.1



Montmorillonite (OH4) Al4 Si8 02 nH20

รูปที่ 3.1 the structure of montmorillonite viewd along the a-axis

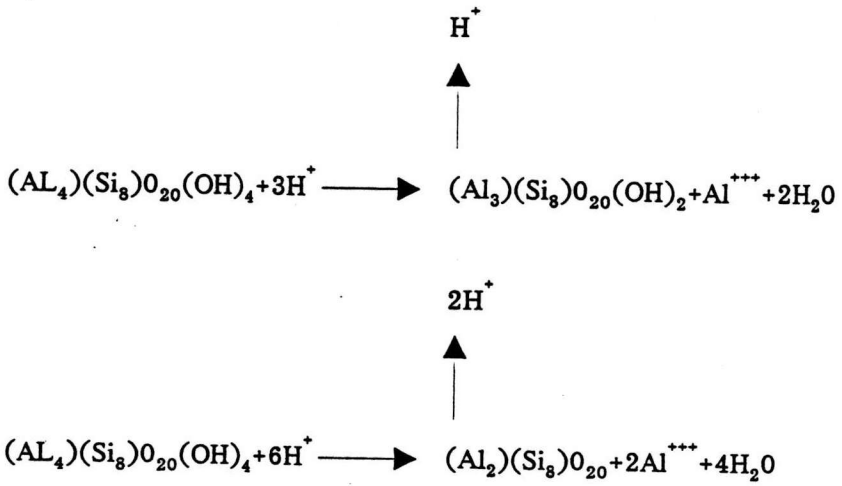
ในสภาวะธรรมชาติ อลูมินา ซึ่งมีเวเลนซีบวก 3 จะถูกธาตุแมกนีเซียมซึ่งมีเวเลนซีบวก 2 ไปแทนที่และในทำนองเดียวกันซิลิคอนซึ่งมีวาเลนซีบวก 4 จะถูกแทนที่ด้วยอลูมิเนียมวาเลนซีบวก 3 ทำให้เกิดความไม่สมดุลย์ขึ้นจำเป็นต้องดึงอิออนอิสระ (Free Ions) จากธรรมชาติในบริเวณใกล้เคียงเข้าไปบรรจุไว้ในช่องว่างระหว่างชั้น (Layer) เพื่อให้เกิดความสมดุลย์ อิออนอิสระเหล่านี้ก็ ได้แก่แคลเซี่ยมอิออน (Ca^{++}) โซเดี่ยมอิออน (Na^{+}) ลิเที่ยมอิออน(Li^{+}) ฯลฯ ปรากฏการณ์เช่นนี้ ทำให้เกิดแร่ขึ้น 2 พวกคือโซเดี่ยมมอนท์โมริล-โลไนท์มีคุณสมบัติดูดน้ำไว้ได้มากและพองตัวขึ้นหลายเท่า ทำให้มีลักษณะเป็นวุ้นใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหล่อเหล็กในการเจาะน้ำมันและน้ำบาดาล

แร่อีกพวกหนึ่งคือแคลเซี่ยมมอนท์โมริลโลไนท์ (Calcium Montmorillonite) มีคุณสมบัติดูดน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แร่ชนิดนี้เมื่อนำมาผ่านกรรมวิธี เพิ่มประสิทธิภาพการฟอกสี แล้วมีความสามารถในการฟอกสีของน้ำมัน

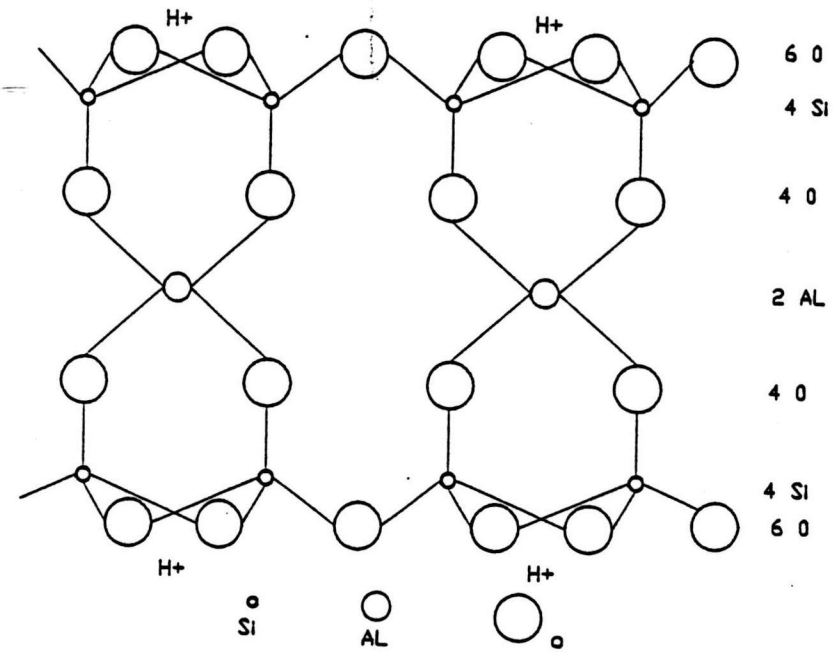
ดินบางชนิดคือ Glauconite Nontronite และ Beidellite เมื่อผ่านกรรมวิธี Activation แล้วมีคุณสมบัติฟอกสีได้แต่ไม่ดีเท่ากับ Bentoniteซึ่งมีแร่มอนท์โมริลโลไนท์เป็นส่วนประกอบหลัก

ส่วนประกอบทางเคมีของดินฟอกสีที่มีอัตราส่วนของอลูมิน่าต่อซิลิก้าระหว่าง 1:2 ถึง 1:8 จะแตกต่างจากดินประเภทดินขาว (Kaolin) ซึ่งมีอัตราส่วนของซิลิก้าต่ำ ดังนั้นคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินมีผลต่อกำลังการดูดสีของดินนั้นอย่างมาก (Kirk Othmer's 1953; Lamer 11953)

การผลิตดินฟอกสีโดยวิธีล้างด้วยกรด (Acid leaching) นั้นเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปแต่จำเป็นต้องควบคุมกระบวนการให้ละเอียด และแน่นอนจึงจะได้ดินฟอกสีที่มีคุณภาพดี กรดที่ใช้กันในกระบวนการ Acid Activation คือกรดเกลือหรือกรดซัลฟูริกปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อมีการล้างแร่มอนท์โมริลโลไนท์ด้วยกรดปริมาณพอเหมาะ ชั้นตรงกลางของอลูมิเนียมจะถูกดึงออกมาครึ่งหนึ่ง (Siddiqui 1968) แสดงได้ดังนี้



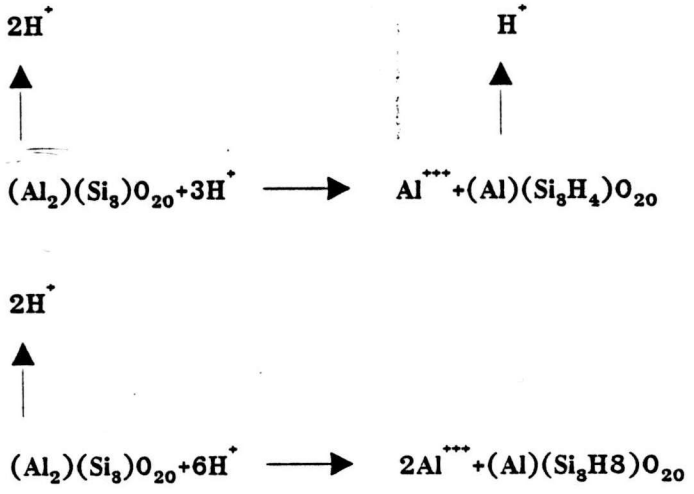
Thomas และคณะ (1950) ได้เสนอโครงสร้างในอุดมคติของแร่มอนท์โมริลโลไนท์หลังจากผ่านกระบวนการ Acid activation ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 โครงสร้างในอุดมคติของแร่มอนท์โมริลโลไนท์ หลังจากผ่านขบวนการ Acid Activation แล้ว

จากปฏิกริยาที่เกิดขึ้นที่ให้อะตอมของอลูมิเนียมเปลี่ยนตำแหน่งจาก Octahedral ไปเป็น Tetrahedral co-ordination ทำให้มีประจุลบเกิดขึ้นที่ Lattice ไฮโดรเจนอิออนจะเคลื่อนเข้าไปเกาะกับ Lattice เพื่อให้เป็นกลางดังนั้นประสิทธิภาพในการฟอกสีของน้ำมันพืชจึงขึ้นอยู่กับไฮโดรเจนอิออน นี้

การล้างแร่มอนท์โมริลโลไนท์โดยกรดปริมาณมากเกินไปอลูมิเนียมอะตอมจะถูกดึงออกมามากขึ้นจนในที่สุดจะได้ กรดไดซิลิซิก (Disilicic acid) ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดสีน้อยมากหรือไม่ดูดเลยแสดงปฏิกริยาได้ดังนี้



ดังนั้นสภาวะของกระบวนการ Acid activation ขึ้นกับ ความเข้มข้นของกรด, อุณหภูมิ และเวลา ของปฏิกริยา ในการแยกอะตอมของอลูมิเนียม เหล็ก และแมกนีเซียม ให้พอเหมาะเพื่อให้ได้ดินฟอกสีที่มีกำลังการฟอกสีสูง

ขั้นตอนการผลิตผงฟอกสี

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการบดละเอียด (Crasher)

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนขนถ่าย (Extruder)

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการทำปฏิกริยากับกรด (Acid activation)

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการชะล้างด้วยน้ำ (Washing)

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการตกตะกอน (Settling)

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นตอนการกรอง (Filter Press)

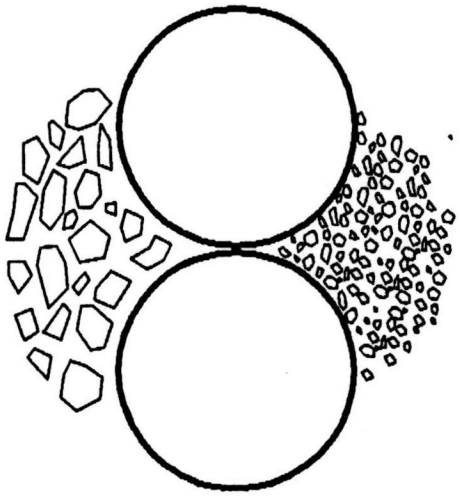
ขั้นตอนที่ 7 ขั้นตอนการเผาไหม้ (Drier)

ขั้นตอนที่ 8 ขั้นตอนการบด (Roller Mill)

ขั้นตอนที่ 9 ขั้นตอนการเลือกขนาดอนุภาค (Partick Collection)

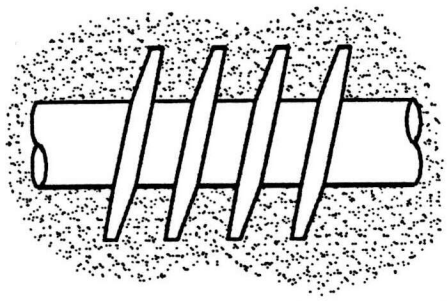
ขั้นตอนที่ 10 ขั้นตอนการเก็บหรือการบรรจุ (Storage & Packing

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการบดละเอียด (Crusher)



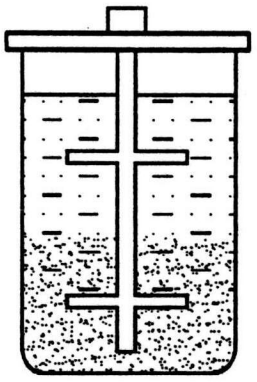
แร่มอนท์โมริลโลไนท์ ที่เป็นวัตถุดิบในการผลิต จะมีขนาดใหญ่จำเป็นต้องมาผ่าน ขบวนการบด เพื่อให้ขนาดเล็กลงและมีความสม่ำเสมอมากขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการขนถ่าย (Extruder)



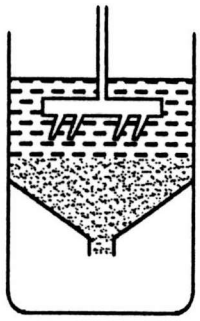
แร่มอนท์โมริลโลไนท์ที่ผ่านการบดละเอียดจะถูกขนถ่ายไปในขั้นตอนการผลิตต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนทำปฏิกริยากับกรด (Acid activation)



แร่มอนท์โมริลโลไนท์จะถูกส่งมาที่ถังทำปฏิกริยากับกรดจะเป็นถังกวนช้า โดยมีการควบคุมความเข้มข้นของกรดที่เริ่มทำปฏิกริยา, อัตราการกวน, อุณหภูมิการกวน กรดที่ใช้เป็น กรดฟัลฟูริก เรียกขั้นตอนนี้ว่าขั้นตอน Acid Activation เป็นขั้นตอนสำคัญของการผลิตผงฟอกสี การควบคุมปฏิกริยาจะสามารถตรวจเช็คได้ โดยการวัดความเข้มข้นของกรดที่เหลืออยู่เป็นเทคนิคของแต่ละบริษัทซึ่งปิดเป็นความลับไม่สามรถเปิดเผยได้ ปฏิกริยาการแลกเปลี่ยนอิออนได้อธิบายแล้วข้างต้นเป็นขั้นตอนที่ทำให้แร่มอนท์โมริลโลไนท์ มีรูพรุน เนื่องจาก การแลกเปลี่ยนอิออนดังกล่าว

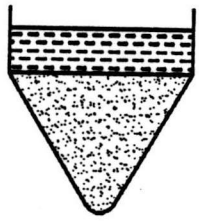
ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการชะล้างด้วยน้ำ (Washing)



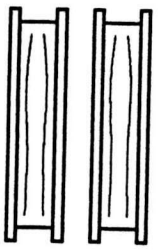
แร่มอนท์โมริลโลไนท์ที่ทำปฏิกริยากับกรดซัลฟูริกได้ตามกำหนดแล้วจะถูกชะล้างด้วยน้ำ ขั้นตอนนี้ก็จะ เป็นเทคนิคการผลิตในการจะควบคุมปริมาณกรดทั้งหมดในผงฟอกสีว่าจะต้องการมากน้อยอย่างไรเป็นปัจจัยหนึ่งที่การทำวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาผลกระทบจากปริมาณ กรดทั้งหมดในผงฟอกสีว่ามีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพ การฟอกสีน้ำมันปาล์มดิบอย่างไร

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการตกตะกอน (Settiing)

หลังจากขั้นตอนการชะล้างแล้ว จะเป็นขั้นตอนของการปล่อยให้เกิดการตกตะกอนให้เร็วขึ้นเพื่อเตรียมเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

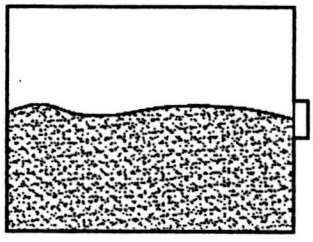


ขั้นตอนที่ 6 ขั้นการกรอง (Filter Press)



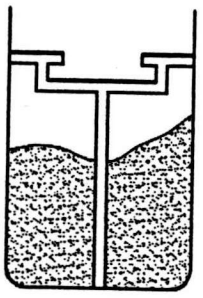
หลังจากขั้นตอนตกตะกอนแล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนการกรอง Membrane Filter Press เพื่อควบคุมปริมาณความชื้นในเค้กให้เหลือน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นการเผาไหม้ (Drier)



ของแข็ง (เค้ก) ที่ได้จะถูกส่งมาเผาที่อุณหภูมิสูงเกิดการแตกกระจายของอนุภาค ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำให้ขนาดของพื้นที่ผิวของผงฟอกสีมากขึ้น

ขั้นตอนที่ 8 ขั้นตอนการบด (Roller Mill)



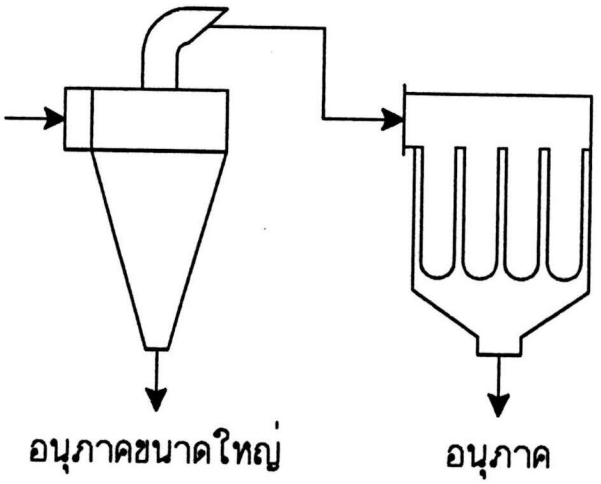
ของแข็งที่ผ่านการเผาไหม้ เกิดการแตกกระจายบางครั้งอาจมาผ่านขั้นตอนการบดให้ขนาดอนุภาคของแข็งเล็กตามต้องการ ขั้นตอนนี้มีหรือไม่จะขึ้นกับการบดละเอียดในขั้นตอนแรก

ขั้นตอนที่ 9 ขั้นตอนการเลือกขนาดอนุภาค (Particle Collection)

ขั้นตอนนี้จะเป็น การคัดแยกอนุภาคโดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยตามลำดับดังนี้

1.)ไซโคลน เพื่อแยกเอาอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ออกเช่น กรวด ทราย

2.)ถุงกรองเพื่อแยกอนุภาคที่มีขนาดเล็กเกินไปออกจากผงฟอกสี

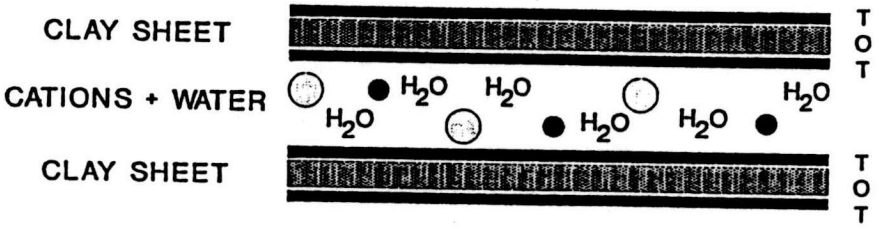


ขั้นตอนที่ 10 ขั้นตอนการเก็บหรือบรรจุ (Storage & Packing)

ขั้นตอนการเก็บ การบรรจุเพื่อรอส่งลูกค้าในขั้นตอนต่อไป

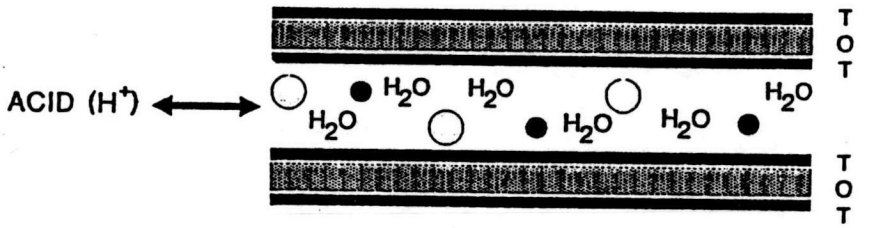
REACTION ACID ACTIVATION OF NATURAL EARTH

1. MONTMORILLONITE CLAY STRUCTURE



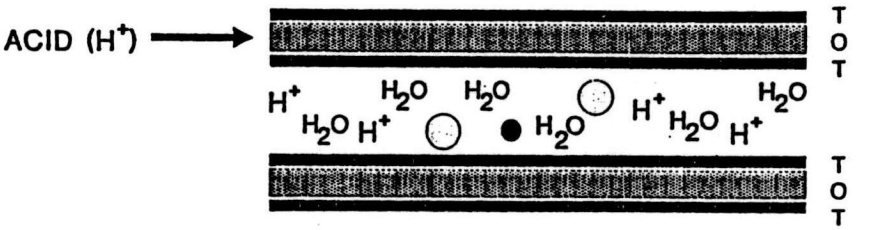
● = Ca^{2+}, Mg^{2+} ○ = Na^{+}, K^{+} O = Octahedral T = Tetrahedral

2. CATION EXCHANGE



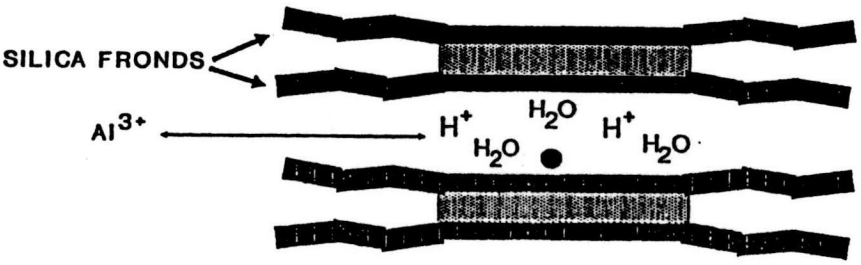
$$2Na^{+}(s) + H_2SO_4 = 2H^{+}(s) + Na_2SO_4$$

3. ALUMINIUM DISSLOLUTION



$$Si\text{-}O\text{-}Al\ (s) + H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + Si\text{-}O\text{-}H\ (s)$$

4. ALUMINIUM ION EXCHANGE



ตัวอย่างที่ใช้ทำการวิจัยและทดลอง

ตรา/รหัส	บริษัทตัวแทนจำหน่าย/ผู้ผลิต
1.TONSIL OPTIMUM 232P 2.TONSIL SUPREME 132 PFF	บริษัททรีทัน(ประเทศไทย) จำกัด 1779/1 ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร
3.WEMBLEY SUPREME 4.WEMBLEY SUPER PLUS 5.WEMBLEY 105 E	บริษัท ไทยออยล์เทคนิคซัพพลาย จำกัด 111/17 ชั้น 1 ราชดำเนินคอนโดมิเนียม ถนนนครสวรรค์ ป้อมปราบ 5 กรุงเทพมหานคร
6.WONDER NK 309	บริษัท แอคโตเคม(ประเทศไทย) จำกัด 322/302 หมู่บ้านอยู่เจริญ ซอย 6 ถนนอโศกดินแดง แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร

คุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์และเคมีของผงฟอกสี

ตรา TONSIL OPTUMUM 232 P

TYPICAL CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES	
Free Moisture 105°C, 3 hours, wt., %	10.55
pH (25% Suspension)	2.90
Loose Bulk Density, gm/cm^3	450.00
Compact Bulk Density, gm/cm^3	680.00
Soecific Gravity, gm/cm^3	2470.00
Surface Area, B.E.T. Method, m^2/gm	221.00
Oil Retension(comercial), wt., %	29.01
PARTICAL SIZE	
Passing 100 mesh (147 micron),wt., %	98.00
Passing 200 mesh (74 micron), wt., %	80.00
Passing 325 mesh (43 micron), wt., %	75.00
CHEMICAL ANALYSIS,WT., %	
SiO_2	68.46
Al_2O_3	13.96
Fe_2O_3	5.32
MgO	6.07
CaO	2.36
Na_2O	0.30
K_2O	1.36
Loss on Ignition	2.17

I20514888

คุณสมบัติด้านฟิสิกส์และเคมีของผงฟอกสี

ตรา TONSIL SUPREME 132 PFF

TYPICAL CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES	
Free Moisture 105°C, 3 hours, wt., %	10.07
pH (25% Suspension)	2.83
Loose Bulk Density, gm/cm^3	440.00
Compact Bulk Density, gm/cm^3	675.00
Soecific Gravity, gm/cm^3	2450.00
Surface Area, B.E.T. Method, m^2/gm	244.00
Oil Retension(comercial), wt., %	28.56

PARTICAL SIZE	
Passing 100 mesh (147 micron),wt., %	97.30
Passing 200 mesh (74 micron), wt., %	82.50
Passing 325 mesh (43 micron), wt., %	66.50

CHEMICAL ANALYSIS,WT., %	
SiO_2	70.40
Al_2O_3	13.70
Fe_2O_3	5.18
MgO	5.85
CaO	2.17
Na_2O	0.29
K_2O	1.33
Loss on Ignition	1.08

คุณสมบัติด้านฟิสิกส์และเคมีของผงฟอกสี

ตรา WEMBLEY WAC SUPREME

TYPICAL CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES	
Free Moisture 105°C, 3 hours, wt., %	13.81
pH (25% Suspension)	4.90
Loose Bulk Density, gm/cm^3	490.00
Compact Bulk Density, gm/cm^3	830.00
Soecific Gravity, gm/cm^3	2490.00
Surface Area, B.E.T. Method, m^2/gm	232.00
Oil Retension(comercial), wt., %	25.94
PARTICAL SIZE	
Passing 100 mesh (147 micron),wt., %	99.10
Passing 200 mesh (74 micron), wt., %	88.20
Passing 325 mesh (43 micron), wt., %	70.30
CHEMICAL ANALYSIS,WT., %	
SiO_2	61.90
Al_2O_3	15.10
Fe_2O_3	6.70
MgO	2.40
CaO	0.90
Na_2O	0.50
K_2O	0.90
Loss on Ignition	7.00

คุณสมบัติด้านฟิสิกส์และเคมีของผงฟอกสี

ตรา WEMBLEY WAC 105E

TYPICAL CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES	
Free Moisture 105°C, 3 hours, wt., %	13.52
pH (25% Suspension)	2.75
Loose Bulk Density, gm/cm^3	450.00
Compact Bulk Density, gm/cm^3	820.00
Soecific Gravity, gm/cm^3	2480.00
Surface Area, B.E.T. Method, m^2/gm	254.00
Oil Retension(comercial), wt., %	28.06
PARTICAL SIZE	
Passing 100 mesh (147 micron),wt., %	98.50
Passing 200 mesh (74 micron), wt., %	84.30
Passing 325 mesh (43 micron), wt., %	66.40
CHEMICAL ANALYSIS,WT., %	
SiO_2	68.20
Al_2O_3	14.00
Fe_2O_3	5.20
MgO	1.20
CaO	0.20
Na_2O	0.50
K_2O	0.30
Loss on Ignition	6.50

คุณสมบัติด้านฟิสิกส์และเคมีของผงฟอกสี

ตรา WEMBLEY WAC SUPER PLUS

TYPICAL CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES	
Free Moisture 105°C, 3 hours, wt., %	13.61
pH (25% Suspension)	3.14
Loose Bulk Density, gm/cm^3	460.00
Compact Bulk Density, gm/cm^3	820.00
Soecific Gravity, gm/cm^3	2500.00
Surface Area, B.E.T. Method, m^2/gm	252.00
Oil Retension(comercial), wt., %	29.20
PARTICAL SIZE	
Passing 100 mesh (147 micron),wt., %	99.00
Passing 200 mesh (74 micron), wt., %	87.20
Passing 325 mesh (43 micron), wt., %	68.20
CHEMICAL ANALYSIS,WT., %	
SiO_2	64.50
Al_2O_3	14.50
Fe_2O_3	5.90
MgO	2.40
CaO	1.30
Na_2O	0.30
K_2O	0.40
Loss on Ignition	7.00

คุณสมบัติด้านฟิสิกส์และเคมีของผงฟอกสี

ตรา WONDER NK309

TYPICAL CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES	
Free Moisture 105°C, 3 hours, wt., %	14.48
pH (25% Suspension)	2.47
Loose Bulk Density, gm/cm^3	470.00
Compact Bulk Density, gm/cm^3	850.00
Soecific Gravity, gm/cm^3	2550.00
Surface Area, B.E.T. Method, m^2/gm	197.00
Oil Retension(comercial), wt., %	30.80

PARTICAL SIZE	
Passing 100 mesh (147 micron),wt., %	94.10
Passing 200 mesh (74 micron), wt., %	82.80
Passing 325 mesh (43 micron), wt., %	69.60

CHEMICAL ANALYSIS,WT., %	
SiO_2	68.34
Al_2O_3	13.84
Fe_2O_3	5.22
MgO	5.95
CaO	2.24
Na_2O	0.20
K_2O	1.24
Loss on Ignition	2.99