

ชื่อโครงการ “การเตรียมแอลฟา-พลาสติกจากฟอสโฟยิปซัม”

เกษมทัศน์ รัตนศรีวงศ์ รัตนวลี ศูนย์พลอย และสงกรานต์ กิจสวัสดิ์ และ จินดารัตน์ พิมพ์สมาน *

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี Email :
jindarat.pim@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ฟอสโฟยิปซัมเพื่อเตรียมเป็นแอลฟา-พลาสติกแทนการใช้ยิปซัมธรรมชาติ การทดลองส่วนแรกจะศึกษาถึงความสามารถในการสกัดฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ออกจากฟอสโฟยิปซัมโดยใช้สารละลาย 5 ชนิด คือ กรดซิดริก , กรดซัลฟูริก , แคลเซียมไฮดรอกไซด์ , โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ โดยพบว่ากรดซิดริกและกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1%w/w สามารถสกัดฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ออกจากฟอสโฟยิปซัมได้มากที่สุด

จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติของแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมจากฟอสโฟยิปซัมที่สกัดด้วยสารละลายกรดซิดริก และสารละลายกรดซัลฟูริกพบว่ามีความต้านทานระหว่างน้ำต่อพลาสติก , เวลาในการแข็งตัว และความแข็งแรงต่อแรงกดอัดใกล้เคียงกับแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมจากยิปซัมธรรมชาติ คุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้ดีขึ้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมจากฟอสโฟยิปซัมที่ไม่ผ่านการสกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาในการแข็งตัวของพลาสติกจะลดลงถึง 220 นาที เมื่อฟอสโฟยิปซัมผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซิดริกและกรดซัลฟูริก

คำสำคัญ : ฟอสโฟยิปซัม , ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ , แอลฟา – พลาสติก , แคลเซียมซัลเฟต เอมีไฮเดรต , แคลเซียมซัลเฟต ไดไฮเดรต

1. บทนำ

การนำฟอสโฟยิปซัมมาใช้ประโยชน์หรือนำมาเพิ่มมูลค่าสามารถทำได้ 3 วิธี เช่น

1. นำมาสังเคราะห์เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมเคมี (chemical raw material) เช่น K_2SO_4
2. นำไปผลิตเป็นปุ๋ยเพื่อใช้ในการเกษตรกรรม (agricultural applications) เช่น ปุ๋ยแอมโมเนีย
3. นำไปใช้ในการผลิตวัสดุก่อสร้าง (construction materials) เช่น ซีเมนต์ หรือ พลาสติก [6] , [7]

อย่างไรก็ตามการนำฟอสโฟยิปซัมไปใช้เป็นสารตั้งต้นของอุตสาหกรรมซีเมนต์หรือพลาสติกไม่สามารถทำได้โดยทันที เนื่องจากสารปนเปื้อนในฟอสโฟยิปซัมจะเป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้มีคุณภาพไม่

ดี เพราะสารปนเปื้อนต่างๆจะส่งผลให้ความแข็งแรงของพลาสติกต่ำ (compressive strength) , เวลาในการแข็งตัว (Setting time) และอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อยิปซัม (normal consistency) ไม่เหมาะสม [8]

2. อุปกรณ์และสารเคมี

2.1 สารเคมีและวัตถุดิบที่ใช้

ฟอสโฟยิปซัม , ยิปซัมธรรมชาติ , น้ำ DI , แคลเซียมคลอไรด์ , บอแรกซ์ , สารละลายซิลเวอร์ไนเตรด STD 0.1 N , K_2CrO_4 STD 0.0141 N

2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง

เครื่องเขย่า, ขวดรูปชมพู่, กระดาษกรองเบอร์ 1, ชุดเครื่องกรองดูด, บั้มสุญญากาศ, เตอบ, ครกบดสาร, เครื่องอัดสารตัวอย่าง, แบบพิมพ์สารตัวอย่าง, กรดบอริก, ถังสแตนเลส, เทอร์โมมิเตอร์, โบกวนและมอเตอร์, เตาน้ำดำ, ชุดเครื่องกรองดูด, บั้มสุญญากาศ, เตอบ, นาฬิกาจับเวลา, ขวดวัดปริมาตร, ปีเปต, เตอบ, เครื่อง XRF, Vicat Apparatus (Conical ring mold, base plate, plunger, vicat needle), แบบหล่อพลาสติก, เวอร์เนียมิเตอร์, เครื่องทดสอบแรงกดอัด

2.3 วิธีการทดลอง

2.3.1 วิธีการสกัดฟอสโฟยิปซัม

ซึ่งน้ำหนักฟอสโฟยิปซัมปริมาณ 100 กรัมใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เทสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1%w/w ปริมาตร 300 มิลลิลิตรในฟอสโฟยิปซัมและทำการเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที แล้วกรองแยกสารละลายออกจากฟอสโฟยิปซัมด้วยชุดเครื่องกรองดูด จากนั้นล้างของเหลวชั้นที่กรองได้ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1% w/w ปริมาตร 500 มิลลิลิตร และน้ำ DI ปริมาตร 2 ลิตร นำฟอสโฟยิปซัมที่กรองได้ไปอบให้แห้งในเตอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 คืน จากนั้นนำไปตรวจสอบหาปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ที่เหลืออยู่

ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายใหม่เป็น 2 , 4 , 6 , 8 , 10 , 15 และ 20%w/w ตามลำดับ จากนั้นเปลี่ยนสารละลายที่ใช้เป็นกรดซัลฟูริก , โซเดียมไฮดรอกไซด์ , แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ และปูนขาว นำฟอสโฟยิปซัมไปหาองค์ประกอบของสารโดยใช้เครื่อง XRF

2.3.2 การเตรียมแอลฟา - พลาสติก

ตัวยิปซัมธรรมชาติ 100 กรัม ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 2 M ปริมาตร 500 มล. ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสความเร็วรอบ 220 รอบ/นาที นาน 4 ชม. กรอง slurry โดยใช้ชุดเครื่องกรองดูด

ล้างเค้กด้วยสารละลายบอแรกซ์ความเข้มข้น 0.1 % w/w ปริมาตร 500 มล. นำเค้กที่ได้ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน คำนวณเปอร์เซ็นต์เอมิไฮเดรต ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ โดยเปลี่ยนจากยิปซัมธรรมชาติเป็นยิปซัมชนิดอื่น

หมายเหตุ - ฟอสโฟยิปซัมที่ไม่ผ่านการสกัด ใช้เวลาดัม นาน 4 ชม. , ฟอสโฟยิปซัมที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1%w/w และฟอสโฟยิปซัมที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1% w/w ใช้เวลาดัม นาน 2.5 ชม.

2.3.3 การทดสอบ consistency, setting time และcompressive strength

ในการทดสอบจะใช้มาตรฐาน TIS 188/1976

3. ผลการทดลอง

3.1 ปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ในฟอสโฟยิปซัมหลังการสกัด

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ที่ผ่านการสกัดด้วยกรดซัลฟิวริกและกรดซัลฟูริก

ความเข้มข้น(%)	กรดซัลฟิวริก	กรดซัลฟูริก
0	0.780	0.780
1	0.076	0.073
2	0.063	0.068
4	0.063	0.064
6	0.066	0.059
8	-	0.060
10	-	0.057
15	-	0.059
20	0.061	-
ค่าเฉลี่ย	0.066	0.061

จากตารางที่1 ปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ในฟอสโฟยิปซัมที่ก่อนการสกัดมีค่า 0.78% เมื่อนำฟอสโฟยิปซัมมาสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกและ

สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น1%จะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ในฟอสโฟิปซึมลดลงประมาณ 91.53% และ 90.64% ตามลำดับ ดังนั้นสารละลายกรดซัลฟูริกและสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1%นี้เหมาะสมสำหรับใช้สกัดฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ออกจากฟอสโฟิปซึมโดยฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ที่ปนเปื้อนอยู่ในฟอสโฟิปซึมนั้นจะอยู่ในรูปของสารประกอบต่างๆ สารประกอบเหล่านี้สามารถรวมตัวกับสารละลายกรดซัลฟูริก และกรดซัลฟูริกกลายเป็นกรดฟอสฟอริกที่สามารถละลายน้ำออกมาได้ [8] ดังนั้นเมื่อนำฟอสโฟิปซึมมาสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกหรือสารละลายกรดซัลฟูริกแล้วตามด้วยการล้างน้ำจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ที่อยู่ในฟอสโฟิปซึมลดลงนั่นเอง

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ที่ผ่านการสกัดด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์, แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์

ความเข้มข้น (%)	แคลเซียมไฮดรอกไซด์	โซเดียมไฮดรอกไซด์	แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์
0	0.780	0.780	0.780
2	0.785	1.127	0.964
4	-	1.240	-
6	0.731	1.735	0.990
15	0.554	-	0.990
20	0.518	1.583	1.044
ค่าเฉลี่ย	0.647	1.277	0.997

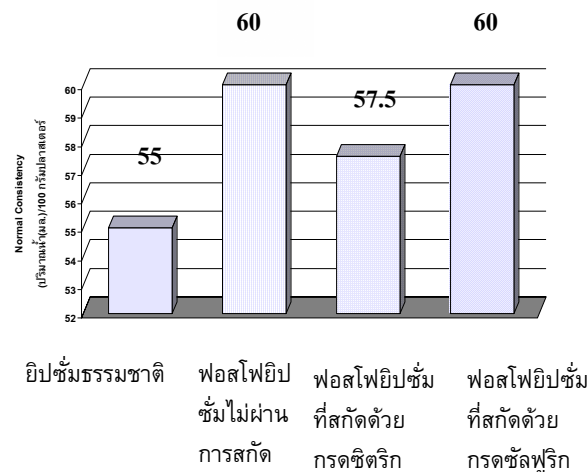
จากตารางที่2ปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ในฟอสโฟิปซึมที่ผ่านการสกัดโดยใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 6% , 15% และ 20% มีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับฟอสโฟิปซึมที่ไม่ผ่านการสกัดเพียงแต่ประมาณ 6.3% - 33.6% ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ละลายน้ำซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายได้น้อยมาก

ดังนั้นจึงทำให้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ไม่สามารถแทรกซึมผ่านเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในผลึก

ของสโฟิปซึมได้ดีเท่ากับเมื่อใช้สารละลายกรดซัลฟูริกและกรดซัลฟูริก

ปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ในฟอสโฟิปซึมจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการสกัด สาเหตุที่เกิดขึ้นคาดว่ามาจาก ความผิดพลาดจากการทำการทดลองและเครื่องมือ

3.2 ค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อพลาสติก



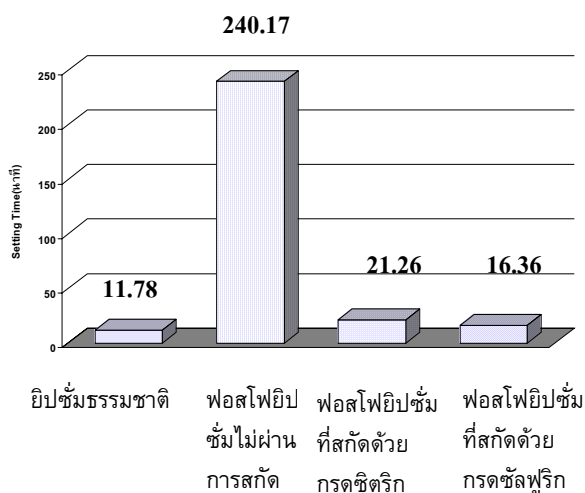
รูปที่ 1 ค่าอัตราส่วนระหว่างพลาสติกและน้ำของพลาสติกที่เตรียมได้จากยิปซัมต่าง ๆ

ค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อพลาสติกคือปริมาณน้ำที่เพียงพอเพื่อใช้ในการกระบวนการรีไซเคิล ซึ่งเป็นกระบวนการเพื่อเปลี่ยนเอมิไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟตให้เป็นไดไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟต

จากรูปที่ 1 แอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากยิปซัมธรรมชาติ , จากฟอสโฟิปซึมที่ไม่ผ่านการสกัด , จากฟอสโฟิปซึมที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก และจากฟอสโฟิปซึมที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกแล้วแต่มีขนาดผลึกใกล้เคียงกันทั้งสิ้น ดังนั้นแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากยิปซัมธรรมชาติ , จากฟอสโฟิปซึมที่ไม่ผ่านการสกัด , จากฟอสโฟิปซึมที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกและจากฟอสโฟิปซึมที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกจึงต้องการน้ำเพื่อใช้ในการ

เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อธิบายได้ว่าอนุภาคนาโนใกล้เคียงกันจะต้องการน้ำปริมาณไม่แตกต่างกันเพื่อใช้ในการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อผลึกของฮีโมไฮดรต แคลเซียมซัลเฟตมีขนาดใกล้เคียงกันจะทำให้ผลึกของ ฮีโมไฮดรต แคลเซียมซัลเฟต มีพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยารีดอกซ์กับน้ำได้เท่ากัน จึงส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ไม่ต่างกันด้วย ดังนั้นจึงต้องเติมน้ำเข้าไปเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ปริมาณใกล้เคียงกัน

3.3 เวลาในการแข็งตัวของพลาสติก



รูปที่ 2 เวลาในการแข็งตัวของพลาสติกเตรียมได้จากยิปซัมชนิดต่าง ๆ

เวลาในการแข็งตัวของพลาสติก คือเวลาทั้งหมดของพลาสติกเริ่มตั้งแต่พลาสติกเริ่มผสมกับน้ำไปจนถึงเวลาที่พลาสติกแข็งแรงมากพอที่จะรับน้ำหนักของเข็มทดสอบ (Vicat needle) ได้

จากรูปที่ 2 แอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากพอสไฟไฟฟที่ผ่านการสกัดมีค่าเวลาในการแข็งตัวของพลาสติกสูงกว่าแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากยิปซัมชนิดอื่นๆ คือมีค่า 240.17 นาที ทั้งนี้เนื่องจากแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากพอสไฟไฟฟที่ผ่านการสกัดมีฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์เจือปนอยู่ในปริมาณสูงมากกว่าแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากยิปซัมชนิดอื่นๆ ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ที่เจือปนอยู่ในพอสไฟไฟฟสามารถทำปฏิกิริยากับ

แคลเซียมคลอไรด์เกิดเป็นเกลือของกรดฟอสฟอริกขึ้น เกลือของกรดฟอสฟอริกที่เกิดขึ้นมาจะเป็นตัวหน่วงในขั้นตอนรีดอกซ์ของฮีโมไฮดรต แคลเซียมซัลเฟต ซึ่งตัวหน่วงจะทำให้อัตราการละลายน้ำของฮีโมไฮดรต แคลเซียมซัลเฟต ลดลงและตัวหน่วงจะลดอัตราการโตของผลึกไดไฮดรต แคลเซียมซัลเฟตด้วย[2] ดังนั้นฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ที่เหลือน้อยปริมาณมากในแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากพอสไฟไฟฟที่ผ่านการสกัดนั้นจะเกิดปฏิกิริยากับแคลเซียมคลอไรด์เกิดเป็นเกลือของกรดฟอสฟอริกได้มากกว่าแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมจากยิปซัมชนิดอื่นๆ จึงมีการหน่วงเวลาในการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ของฮีโมไฮดรต แคลเซียมซัลเฟตมากกว่าแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมจากยิปซัมชนิดอื่นๆนั่นเอง[3] เหตุผลดังกล่าวส่งผลให้เวลาในการแข็งตัวของแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากพอสไฟไฟฟที่ผ่านการสกัดสูงกว่าแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากยิปซัมชนิดอื่นๆ

เวลาในการแข็งตัวของแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากพอสไฟไฟฟที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก และสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกต่างกันเพียงประมาณ 22.94% เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่แอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากพอสไฟไฟฟที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกและสารละลายกรดซัลฟิวริกมีปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ที่เหลือน้อยใกล้เคียงกันคือ ประมาณ 0.076% และ 0.073% ตามลำดับ

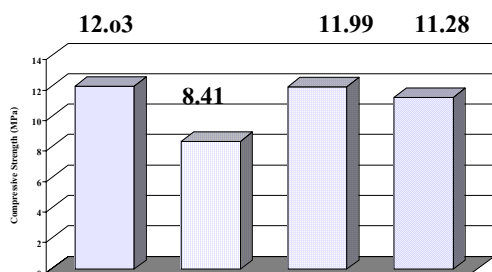
สารปนเปื้อนจำพวกฟลูออไรด์ (F) , อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) , ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และแมกนีเซียมออกไซด์ (Mg_2O_3) จะเป็นตัวทำให้โอกาสในการเกิดเป็นผลึกของพลาสติกลดลงด้วย เนื่องจากสารปนเปื้อนเหล่านี้จะไปกั้นแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ,ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) และน้ำไม่ให้มารวมตัวกันหรือรวมตัวกันช้ามากขึ้น เมื่อแคลเซียมไอออน , ซัลเฟตไอออน และน้ำมารวมตัวกันช้า จะทำให้ไดไฮดรต แคลเซียมซัลเฟต

เกิดขึ้นไม่ได้จึงทำให้เวลาในการแข็งตัวของพลาสติกช้ามากขึ้น[5]

3.4 ความแข็งแรงต่อแรงกดอัดของพลาสติก

ความแข็งแรงของพลาสติกเป็นผลมาจากความหนาแน่นของพลาสติก ดังนั้นความแข็งแรงของพลาสติกจะมีความสัมพันธ์กับค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อพลาสติกด้วย เนื่องจากค่าอัตราส่วนของน้ำต่อพลาสติกจะส่งผลต่อความพรุนของพลาสติก ความแข็งแรงของพลาสติกนั้นเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณความชื้นในพลาสติกเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากความชื้นจะทำให้เกิดรูพรุนในพลาสติกได้หลังจากน้ำที่มีอยู่ระเหยออกไป

จากรูปที่ 3 ความแข็งแรงของพลาสติกเมื่อเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยเป็นดังนี้ คือ แอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากยิปซัมธรรมชาติ > ที่เตรียมได้จากฟอสโฟยิปซัมที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซิตริก > ที่เตรียมได้จากฟอสโฟยิปซัมที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก > ที่เตรียมได้จากฟอสโฟยิปซัมที่ไม่ผ่านการสกัด



ยิปซัมธรรมชาติ ฟอสโฟยิปซัมที่ไม่ผ่านการสกัด ฟอสโฟยิปซัมที่สกัดด้วยกรดซิตริก ฟอสโฟยิปซัมที่สกัดด้วยกรดซัลฟูริก

รูปที่ 3 ความแข็งแรงต่อแรงกดอัดของพลาสติกที่เตรียมได้จากยิปซัมชนิดต่าง ๆ

แอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากยิปซัมธรรมชาติแข็งแรงมากกว่าแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากฟอสโฟยิปซัมที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซิตริก , แอลฟา -พลาสติกที่เตรียมได้จากฟอสโฟยิปซัมที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกและแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากฟอสโฟยิปซัมที่ไม่ผ่านการ

สกัดประมาณ 0.33% , 6.23% และ 30.09% ตามลำดับ

พลาสติกที่มีความหนาแน่นสูงจะมีความแข็งแรงมากกว่าพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำ พลาสติกที่มีค่าอัตราส่วนของพลาสติกและน้ำสูงหมายถึงพลาสติกนั้นมีน้ำส่วนเกินในปฏิกิริยาไฮเดรชันของเอมิไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟตมาก หลังจากที่มีน้ำส่วนเกินเหล่านี้อะเหยไปจะทำให้เกิดรูพรุนขึ้นในพลาสติกทำให้ความหนาแน่นของพลาสติกลดลง ดังนั้นเราจึงอาจกล่าวได้ว่าค่าอัตราส่วนของพลาสติกและน้ำนั้นมีผลต่อความแข็งแรงของพลาสติกด้วย

ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความแข็งแรงของพลาสติกคือ แคลเซียมคลอไรด์ เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์นั้นเป็นสารที่สามารถดูดความชื้นได้ดีดังนั้นเมื่อปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับยิปซัมมีปริมาณมากจะทำให้พลาสติกที่ได้มีโอกาสที่จะเหลือปริมาณแคลเซียมคลอไรด์อยู่มากกว่าพลาสติกที่เตรียมจากการทำปฏิกิริยาระหว่างยิปซัมและแคลเซียมคลอไรด์ปริมาณน้อย ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อความแข็งแรงต่อพลาสติก คือ สิ่งปนเปื้อนในฟอสโฟยิปซัม กล่าวคือ สารปนเปื้อน เช่น ฟลูออไรด์, อลูมิเนียมออกไซด์ , ซิลิกอนไดออกไซด์ , เพอร์ออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ จะไปลดโอกาสของการเกิดเป็นผลึกของพลาสติกเนื่องจากสารปนเปื้อนเหล่านี้จะไปกั้นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ , ซัลเฟตไฮดรอกไซด์ และน้ำไม่ให้นำมารวมตัวกันหรือรวมตัวกันช้ามากขึ้น เมื่อแคลเซียมไฮดรอกไซด์ , ซัลเฟตไฮดรอกไซด์ และน้ำมารวมตัวกันช้า จะทำให้ไดไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟตเกิดขึ้นไม่ได้จึงส่งผลให้ความแข็งแรงของพลาสติกลดลง ดังนั้นจากผลการทดลองนี้จึงเห็นได้ว่าแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้จากฟอสโฟยิปซัมที่ไม่ผ่านการสกัดจะมีความแข็งแรงต่ำมากที่สุด เพราะว่ามีสารปนเปื้อนมากที่สุดนั่นเอง

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 บทสรุป

4.1.1 ฟอสโฟยิปซัมที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลาย

กรดซิดริกและสารละลายกรดซัลฟูริกจะมีปริมาณ ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ที่เหลือน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับฟอสโฟอิมปช์ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ , สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์และสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ทั้งนี้เนื่องจากฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ที่ปนเปื้อนอยู่ในฟอสโฟอิมปช์นั้นสามารถรวมตัวกับสารละลายกรดซิดริก และกรดซัลฟูริกให้กลายเป็นกรดฟอสฟอริก ซึ่งสามารถละลายน้ำออกมาได้ จึงเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณ ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ที่อยู่ในฟอสโฟอิมปช์ลดลง

4.1.2 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายกรดซิดริก

และกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการสกัดฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ในฟอสโฟอิมปช์คือ 1% เนื่องจากเมื่อใช้สารละลายกรดซิดริกและสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นมากขึ้นก็ไม่ได้ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ในฟอสโฟอิมปช์ลดลงมากนัก และจะทำให้สิ้นเปลืองสารเคมีโดยใช่เหตุ

4.1.3 เมื่อนำแอลฟา-พลาสติกต่าง ๆ มาศึกษาคุณสมบัติทางกาย ได้แก่ ค่าอัตราส่วนของน้ำหนักต่อพลาสติก , เวลาในการแข็งตัวของพลาสติก และความแข็งแรงต่อน้ำหนักของพลาสติก พบว่า

4.1.3.1 ค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อพลาสติกของแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมจากฟอสโฟอิมปช์ที่ไม่ผ่านการสกัด , ที่เตรียมจากฟอสโฟอิมปช์ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก , ที่เตรียมจากฟอสโฟอิมปช์ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซิดริก และที่เตรียมจากอิมปช์ธรรมชาติมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากแอลฟา-พลาสติกที่เตรียมได้นั้นมีขนาดผลึกของเอมิไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟตใกล้เคียงกันจึงทำให้ผลึกของเอมิไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟตมีพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยากับน้ำได้ใกล้เคียงกันด้วย ส่งผลให้มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันไม่แตกต่างกัน

4.1.3.2 เวลาในการแข็งตัวของพลาสติกเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยเป็นดังนี้ คือ แอลฟา-พลาสติกที่เตรียมจากฟอสโฟอิมปช์ที่ไม่ผ่านการสกัด

> ที่เตรียมจากฟอสโฟอิมปช์ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซิดริก > ที่เตรียมจากฟอสโฟอิมปช์ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก > ที่เตรียมจากอิมปช์ ซึ่งสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้เวลาในการแข็งตัวของพลาสติกมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับสาเหตุดังนี้ คือ 1. ตัวหน่วง (Retarder) ที่มีอยู่ในพลาสติก เช่น กรดอินทรีย์หรือเกลือของกรดอินทรีย์ , คอลลอยด์อินทรีย์ (organic colloids) , กรดบอริก และเกลือของกรดฟอสฟอริก ตัวหน่วงเหล่านี้จะไปลดอัตราการละลายน้ำของเอมิไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟต และจะลดอัตราการโตของผลึกไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟต จึงทำให้เวลาในการแข็งตัวของพลาสติกช้าลง 2. ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ที่เจือปนอยู่ในฟอสโฟอิมปช์สามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคลอไรด์เกิดเป็นเกลือของกรดฟอสฟอริกขึ้น เกลือของกรดฟอสฟอริกที่เกิดขึ้นมานี้จะเป็นตัวหน่วงในขั้นตอนดีไฮเดรชันของเอมิไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟต เพราะตัวหน่วงจะทำให้อัตราการละลายน้ำของเอมิไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟตลดลง 3. สารปนเปื้อนอื่น ๆ เช่น ฟลูออไรด์ , อลูมิเนียมออกไซด์ , ซิลิกอนไดออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ จะเป็นตัวทำให้เกิดโอกาสในการเกิดเป็นผลึกของพลาสติกลดลงด้วย เนื่องจากสารปนเปื้อนเหล่านี้จะไปกั้นแคลเซียมไอออน , ซัลเฟตไอออน และน้ำไม่ให้มารวมตัวกันหรือรวมตัวกันช้ามากขึ้น เมื่อแคลเซียมไอออน , ซัลเฟตไอออน และน้ำมารวมตัวกันช้า จะทำให้ไฮเดรต แคลเซียมซัลเฟตเกิดขึ้นไม่ได้ จึงทำให้เวลาในการแข็งตัวของพลาสติกช้าลง

4.1.3.3 ความแข็งแรงต่อน้ำหนักของพลาสติกเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยเป็นดังนี้ แอลฟา-พลาสติกที่เตรียมจากอิมปช์ธรรมชาติ > ที่เตรียมจากฟอสโฟอิมปช์ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซิดริก

> ที่เตรียมจากฟอสโฟอิมปช์ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก > ที่เตรียมจากฟอสโฟอิมปช์ที่ไม่ผ่านการสกัด ความแข็งแรงของพลาสติกเป็นผลมาจากความหนาแน่นของพลาสติก ดังนั้นความแข็งแรงของพลาสติกจะมีความสัมพันธ์กับค่าอัตราส่วน

ระหว่างน้ำตอปลาสเตอร์ด้วย เนื่องจากค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำตอปลาสเตอร์จะส่งผลต่อความพรุนของปลาสเตอร์ และน้ำส่วนเกินในปลาสเตอร์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ปลาสเตอร์ที่เตรียมได้เกิดเป็นรูพรุนเพราะเมื่อน้ำส่วนเกินระเหยไปจะทำให้ภายในเนื้อปลาสเตอร์เกิดเป็นช่องว่างหรือรูพรุนขึ้น ซึ่งรูพรุนเหล่านี้จะทำให้ปลาสเตอร์มีความหนาแน่นและมีความแข็งแรงตํานึงนั้นจึงกล่าวได้ว่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของปลาสเตอร์เป็นผลมาจากปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญตรี ประจำปี 2546

6. เอกสารอ้างอิง

[1] แม้น อมรสิทธิ์ , อมร เพชรสม ,
“Principles

and Techniques of Instrumental Analysis” ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์

พ.ศ. 2539 หน้า 462-468

- [2] Chaisomboon , P , 2003 B.Eng. (Chemical Engineering) “Preparation of α -Plaster from Gypsum”, A Special Research Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Master of Engineering (Chemical Engineering) Faculty of Engineering King Mongkut's University of Technology Thonburi , 2003
- [3] J.H.Potgieter^a , An investigation into the effect of various chemical and physical treatments of a South African phosphogypsum to render it suitable as a set retarder for cement , Department of Chemical and Physics, Technikon Pretoria South Africa.
- [4] Manjit Singh , Mridul Garg , C.L.

Verma , S.K. Handa and Rakesh Kumar , An

improved process for the purification of phosphogypsum , Central Building Research Institute , Roorkee , UP, India , 1996 , . 597-600.

- [5] Manjit Singh , Treating waste phosphogypsum for cement and plaster manufacture , EST Division UA. Central Building Research Institute Roorkee , India , 2001 , 1033-1038.
- [6] Manjit Singh , Effect of phosphatic and Fluoride impurities of phosphogypsum on the properties of selenite plaster, Environmental S&T Division UP. Central Building Research Institute Roorkee , India 2003 , 1-7
- [7] Singh, M. and Rai, M., 1988, “Autoclave Gypsum Plaster from Selenite and By-Product Phosphogypsum”, Journal of Chemical Technology Biotechnology, Vol. 43, pp. 1-12.
- [8] Seng, G. and Prestia, L., 1999, What Is Gypsum Plaster? [Online], Available : <http://www.lafageprestia.fr/plaster.en.html#3> [2003, October 18].
- [9] Wirsching, F., 1985, “Calcium Sulfate”, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry Vol. 4 Benzyl Alcohol to Calcium Sulfate, pp. 555-583.