

บรรณานุกรม

- [1] กัลลัชลา มหิตทหาญ. ผลงานวิจัยเรื่องยิปซัม, โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง, 2542.
- [2] กรกนก บุญเสริม. “ผลของสารเติมแต่งอินทรีย์และอนินทรีย์ที่มีต่อปฏิกิริยาไฮเดรชัน สมบัติเชิงกล และ สมบัติทางความร้อนของเอพจีดียิปซัม”. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551.
- [3] กรกนก บุญเสริม และเกสรินทร์ พิมรภัษา, 2550, “ศึกษาผลของสารเติมแต่งที่มีต่อเอพจีดีพลาสเตอร์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ”, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 33, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช.
- [4] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. คู่มือการผลิตเครื่องใช้เซรามิกบนโต๊ะอาหาร, ศูนย์พัฒนาเครื่องเคลือบดินเผา สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมรายสาขา กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2539.
- [5] การไฟฟ้าแห่งประเทศไทย. เอกสารแก้ปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ, โรงไฟฟ้าแม่เมาะ, 2540.
- [6] เกสรินทร์ พิมรภัษา. เอกสารประกอบการสอนวิชาซีลิกเกต 1, ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551.
- [7] คณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาวิจัยการเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก แก้ว กระจก ยิปซัม และผลิตภัณฑ์. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2549.
- [8] ชญาพร กาศุยะ. (2550). ศึกษาการหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันของ FGD-Plaster. รายงานปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [9] ชาตรี จิตอนันท์. “การผลิตพลาสเตอร์โปรเจกชันจากยิปซัมฟลูแก๊ส”. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
- [10] ทวีชัย ส้าราญวานิช. เอกสารประกอบการบรรยายเรื่องสารผสมเพิ่ม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [11] บงกช เปี่ยมเพิ่มพูน. (2543). การใช้ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง ผลิตปูนปลาสเตอร์ใช้ทำแบบพิมพ์เครื่องปั้นดินเผา. รายงานปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [12] ภาวรินทร์ กุณา. (2550). วัสดุทนความร้อนจาก FGD-Gypsum. รายงานปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- [13] วันดี รังสีวิจิตรประภา. เอกสารประกอบการบรรยายเรื่องทฤษฎียาน้ำแขวนตะกอนและอิมัลชัน, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- [14] สายรุ้ง ปันคำ. (2551). *ศึกษาค่าการนำไฟฟ้าของ FGD-Plaster ที่เติมด้วยสารหน่วง*. รายงานปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [15] สุจิตร์ พิศราภูล. *ผลึกศาสตร์*. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2525
- [16] สุพัตรา จินาวัดน์. รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากยิปซัมฟลูเก็สแหล่งแม่เมาะ, กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรกฎาคม 2542.
- [17] สุพัตรา จินาวัดน์. 2549. "Effect of additives on the properties of α -hemihydrate." [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.research.chula.ac.th> (15 พฤษภาคม 2552)
- [18] American society for testing and materials. (1999). ASTM C472-99: Standard test method for physical testing of gypsum, gypsum plasters and gypsum concrete.
- [19] B. Elisabeth, V. Stephane and B. Roland. (1999). Crystallization of gypsum from hemihydrate in presence of additives. *Journal of Crystal Growth*, 198/199 : 704-709.
- [20] E. Finot, E. Lesniewska, J. Goudonnet, J.C. Mutin. (2000). Correlation between surface forces and surface reactivity in the setting of plaster by atomic force microscopy. *Applied Surface Science*, 161, 316-322.
- [21] Jianquan Li, Guozhong Li and Yanzhen Yu. (2007). The influences of gypsum water-Proofing additive on gypsum crystal growth. *Materials Letters*, 61, 872-876.
- [22] Kurzydowski, Krzysztof J. and Ralph, Brian. (1995). *The Quantitative description of microstructure of materials*. Florida : CRC Press.
- [23] L. Amathieu, R. Boistelle. (1986). Improvement of the mechanical properties of set plasters by means of four organic additives inducing $\{\bar{1}01\}$ faces. *Journal of Crystal Growth*, 79, 169-177.
- [24] M. Arikan and K. Sobolev. (1999). The optimization of a gypsum-based composite material. *Cement and Concrete Research*, 32, 1725-1728.
- [25] M. El. Moussaouiti, R. Boistell, A. Bouhaouss and J.P. Klein. (1997). Crystallization of calcium sulphate hemihydrate in concentrated phosphoric acid solution. *Chemical Engineering Journal*, 68, 123-130.

- [26] N.B. Singh and B. Middendorf. (2007). Calcium sulphate hemihydrate hydration leading to gypsum crystallization. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 53, 57-77.
- [27] N.B. Singh, C. Vellmer, B. Middendorf. (2005). Effect of Carboxylic acids on the morphology, physical characteristics and hydration of α -hemihydrate plaster. *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences*, 12, 337-344.
- [28] P. Chindapasirt, K. Boonserm, T. Chairuangsi, W. Vichit-Vadakan, T. Eaimsin, T. Sato and K. Pimraksa. (2011). Plaster materials from waste calcium sulfate containing chemicals, organic fibers and inorganic additives. *Construction and Building Materials*, 25, 3193–3203
- [29] P. Jiahui, Q. Jindong, Z. Jianxin, C. Mingfeng and W. Tizhi. (2005). Adsorption characteristics of water-reducing agents on gypsum surface and its effect on the rheology of gypsum plaster. *Cement and Concrete Research*, 35(3) : 527-531
- [30] Pavel Tesárek, Jaroslava Drchalová , Jiří Kolísko, Pavla Rovnaníková and Robert Černý. (2007). Flue gas desulfurization gypsum: Study of basic mechanical, hydric and thermal properties. *Construction and Building Materials*, 21, 1500 – 1509.
- [31] W. Prakaypun and S. Jinawath. (2003). Comparative effect of additive on the mechanical properties of plasters made from flue-gas desulfurized and natural gypsums. *Materials and Structures/Matériaux et Constructions*, 36, 51-58.
- [32] Samia K. Hamdona and Umaima A. Al Hadad. (2007). Crystallization of calcium sulfate dihydrate in the presence of some metal ions. *Journal of Crystal Growth*, 299, 146–151
- [33] X. Ouyang, X. Quiu and P. Chen. (2006). Physicochemical characterization of calcium lignisulfonate-A potentially useful water reducer, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 282-283 : 489-497.
- [34] “แร่ยิปซัม” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://www.rmutphysics.com/charud/oldnews/236/stone/gypsum1.htm>
 (8 พฤศจิกายน 2552)
- [35] “Gypsum.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://en.wikipedia.org/wiki/Gypsum> (8 พฤศจิกายน 2552)

[36] [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

<http://en.wikipedia.org> (8 พฤศจิกายน 2552)

[37] "Lignosulfonic." [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov> (8 พฤศจิกายน 2552)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลการทดลอง

รายงานผลการวิเคราะห์ตัวอย่าง XRF เลขที่ SRR 52-051

Sample Name	Lab. ID	Mass %										Total
		Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	
1 FGD- Gypsum #80	SC1118	0.00	0.00	0.82	1.36	35.79	0.00	61.49	0.00	0.00	0.55	100.01
2 BA80	SC1119	1.65	2.07	15.16	32.15	2.15	3.43	21.06	0.66	0.16	21.53	100.00
3 FA80	SC1120	2.28	1.94	14.44	29.63	2.90	3.50	23.98	0.57	0.16	20.63	100.00
4 Soil 80	SC1121	0.00	0.00	20.92	65.93	0.00	4.84	0.57	1.07	0.00	6.69	100.01

Sample Name	Lab. ID	Oxide mass %										Total
		Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	SO3	K2O	CaO	TiO2	Mn2O3	Fe2O3	
1 FGD- Gypsum #80	SC1118	0.000	0.000	1.085	1.964	55.095	0.000	41.522	0.000	0.000	0.336	100.00
2 BA80	SC1119	1.550	2.329	18.799	42.219	3.051	2.217	15.148	0.533	0.103	14.054	100.00
3 FA80	SC1120	2.160	2.193	18.087	39.459	4.186	2.294	17.429	0.465	0.108	13.620	100.00
4 Soil 80	SC1121	0.000	0.000	23.753	69.633	0.000	2.269	0.306	0.666	0.000	3.380	100.01

* ขอบที่ระบุค่าเป็น 0 หมายถึง ตรวจไม่พบครึ้ม หรือมีค่าน้อยมาก หรือ ค่า % ที่ได้นั้นไม่น่าเชื่อถือ ทาง Lab จะตัดออกครึ้ม

ในของ Oxide Mass% เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม มิใช่ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์โดยตรง

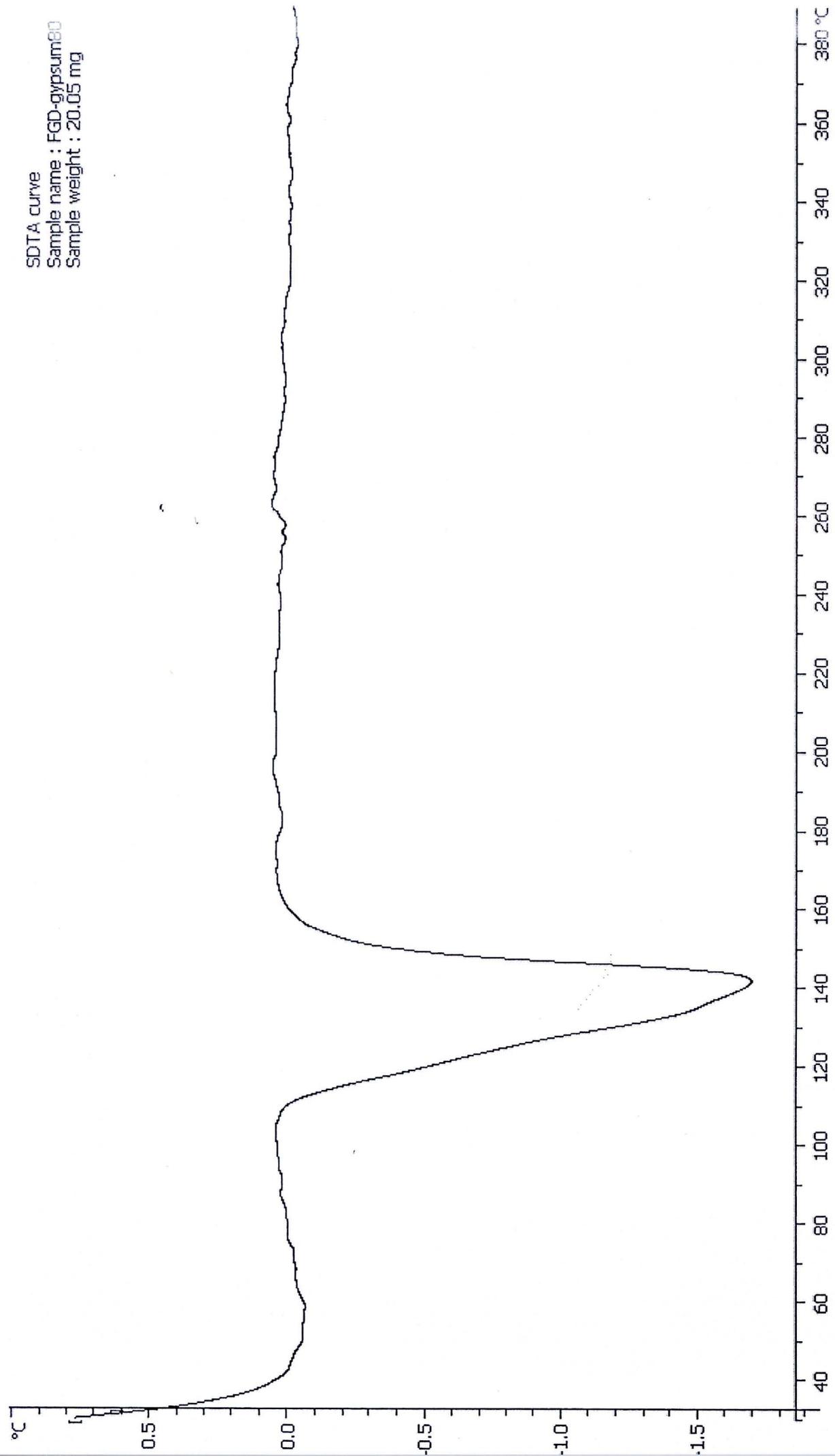
ค่า % ที่ได้จะถูก Normalize ให้เป็น 100% ครึ้ม นั่นคือ 100% ของธาตุที่ตรวจพบเท่านั้น

Keattip
ong
Daikarn

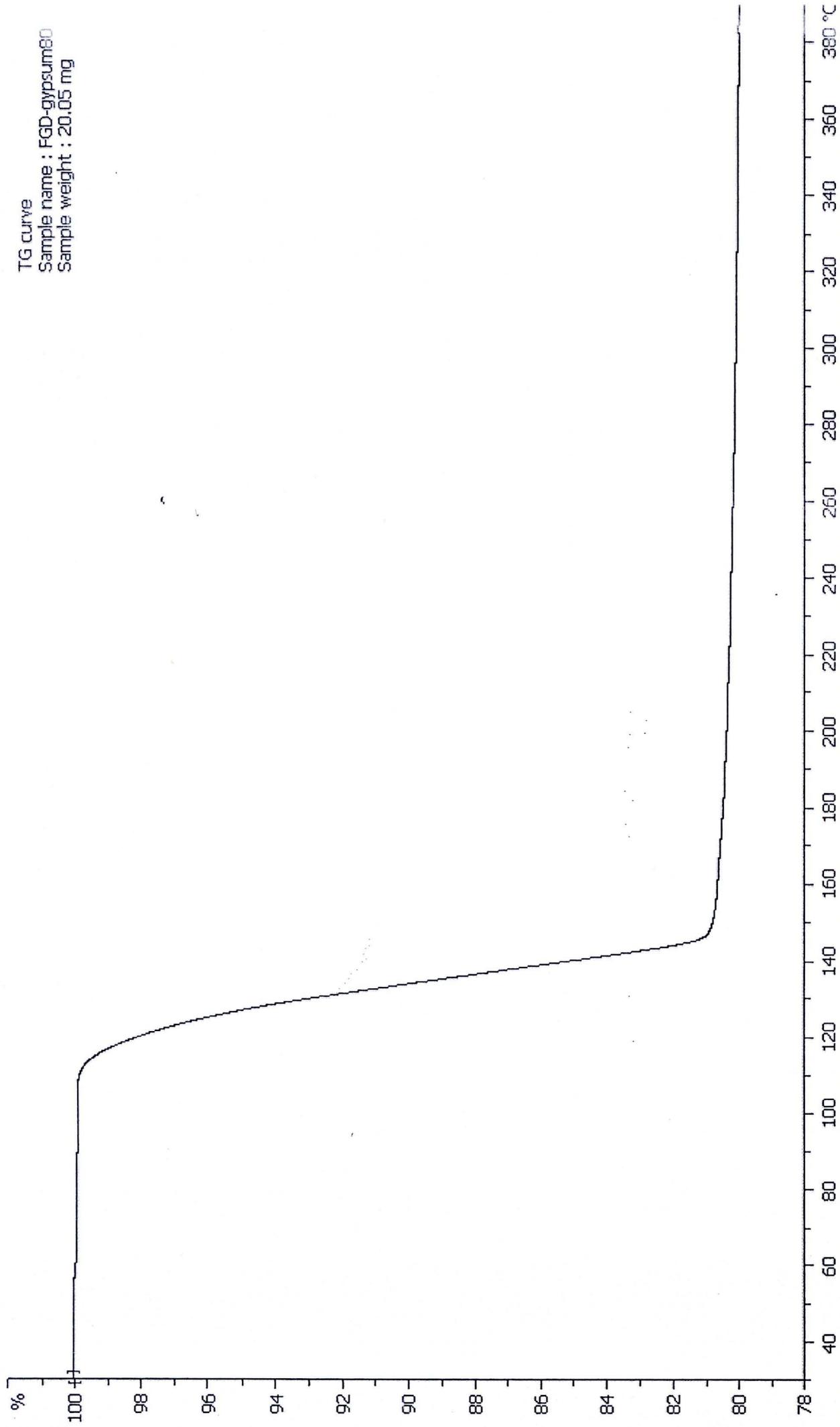
Digitally signed by
Keattipong Daikarn
DN: cn=Keattipong
Daikarn, o=MFLU,
ou=STIC,
email=keattipong@mfu.
ac.th, c=TH
Date: 2009.09.14
11:12:55 +07'00'

ผู้รายงาน

SDTA curve
Sample name : FGD-gypsum80
Sample weight : 20.05 mg



TG curve
Sample name : FGD-gypsum80
Sample weight : 20.05 mg



ภาคผนวก ข

1. การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 6

วัสดุเอฟจีดียิปซัมที่มีสารเติมแต่งชนิดสารอินทรีย์

จิระนุช สงพูล (Jeeranut Songpoon)¹เกศรินทร์ พิมรัชญา (Kedsarin Pimraksa)²ธรณินทร์ ไชยเรืองศรี (Torranin Chairuangstri)³ชัยพร ตั้งทอง (Chaiporn Thangthong)⁴ปริญญา จินดาประเสริฐ (Prinya Chindaprasirt)⁵¹ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, mint_boys@hotmail.com.²ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, kpimrakup@science.cmu.ac.th³ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, chato@chiangmai.ac.th⁴ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, cthangthong@hotmail.com⁵ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, prinya@kku.ac.th

บทคัดย่อ : เอฟจีดียิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะที่ผ่านการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 150°C จะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นเอฟจีดีพลาสติก ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) โดยเอฟจีดีพลาสติกทำปฏิกิริยากับน้ำจะแข็งตัวกลายเป็นผลึกยิปซัมและใช้เวลาก่อตัวน้อยกว่าเมื่อเทียบกับพลาสติกทางการค้าทำให้การไหลตัวไม่ดี ความสามารถในการใช้งานต่ำ จึงมีการใช้สารเติมแต่งที่เป็นสารอินทรีย์ได้แก่ กรดอะซิติก กรดซิตริก กรดมาลิก กรดซัคซินิก และ โซเดียมลิกโนซัลโฟเนต เพื่อหน่วงการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของเอฟจีดีพลาสติก กรดได้ทำปฏิกิริยากับน้ำ ส่งผลให้เวลาการก่อตัวของเอฟจีดีพลาสติกเพิ่มขึ้น จากผลการทดลองพบว่าการเติมสารเติมแต่งชนิดกรดมาลิกร้อยละ 0.03 โดยน้ำหนักในเอฟจีดีพลาสติก ทำให้มีเวลาก่อตัวประมาณ 30 นาที ซึ่งมีค่าเทียบเท่ากับเวลาการก่อตัวของพลาสติกทางการค้าจากการศึกษาสมบัติเชิงกลของเอฟจีดียิปซัมพบว่าสารเติมแต่งทุกชนิดยกเว้นโซเดียมลิกโนซัลโฟเนตมีแนวโน้มทำให้ค่าความแข็งแรงลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณสารเติมแต่ง นอกจากนี้ผลการศึกษาโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของผลึกยิปซัมที่ได้จากระบบที่มีการเติมสารเติมแต่งด้วยเครื่อง SEM พบว่าสารเติมแต่งส่งผลให้ค่า Aspect ratio ของผลึกมีแนวโน้มลดลง

ABSTRACT : FGD-gypsum from Mae Moh Power Plant is transformed into FGD plaster ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) when it is calcined at 150°C . The plaster easily undergoes hydrated when exposed to water and hardened when gypsum is recrystallized. The setting time of FGD-plaster was much shorter than that of commercial plaster that caused a loss of workability. Organic additives such acetic-, citric-, malic-, succinic-acid and sodium lignosulphonate were studied to retard the hydration of FGD-plaster. All of those substances hindered the chemical reaction resulting in the retardation of setting time and workability improvement. Gypsum specimens made of FGD-plaster mixed with 0.03 %wt of malic attained promising setting times approximately 30 min comparable to commercial plaster. The mechanical properties of gypsum specimens and morphology of gypsum crystal in the presences of additives were also studied. All additives with the exception of sodium lignosulphonate provided the same trend that their compressive strength decreased with an increase in additive contents. In addition, the aspect ratios of the crystallized gypsum tested by SEM were lowered in the presence of the organic additives.

KEYWORDS : FGD-gypsum; Hydration, Organic additive, Retardation, Gypsum crystal

1. บทนำ

เอฟจีดีอีปซัม (Flue Gas Desulfurization Gypsum, FGD gypsum) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยระบบเปียกของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยใช้หินปูนเป็นตัวดักจับก๊าซ (Wet limestone process)

ในแต่ละปี โรงไฟฟ้าแม่เมาะมีเอฟจีดีอีปซัมเป็นผลพลอยได้มากถึง 2.25 ล้านตัน โดยมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ แต่ก็ยังเหลือทิ้งอยู่เป็นปริมาณมาก งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติของเอฟจีดีอีปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ เพื่อต้องการนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นวัสดุแผ่นยิปซัม ที่ผ่านมาพบว่าเอฟจีดีอีปซัมไม่ได้รับความนิยมนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์เมื่อเทียบกับยิปซัมธรรมชาติ เนื่องจากปัญหาการก่อตัวที่เร็วมากและมีสีเข้ม จึงมียิปซัมเหลือทิ้งและทำให้เกิดปัญหาเรื่องพื้นที่มีจำกัด

โรงไฟฟ้าแม่เมาะตรวจสอบผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของเอฟจีดีอีปซัมในทุกๆ เดือน พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเอฟจีดีอีปซัมมีค่าใกล้เคียงกันในทุกๆ สายการผลิต แสดงให้เห็นว่าคุณภาพเอฟจีดีอีปซัมในแต่ละครั้งมีความสม่ำเสมอ สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในเชิงอุตสาหกรรมได้ด้วยเหตุนี้จึงมีงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่ศึกษาและพัฒนาคุณลักษณะและสมบัติของเอฟจีดีอีปซัมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ [1-4] โดยเฉพาะการนำเอฟจีดีอีปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปูนปลาสเตอร์ (Plaster) ซึ่งเรียกว่าเอฟจีดีอีปลาสเตอร์ ($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างเหมือนปูนปลาสเตอร์ทั่วไป เมื่อนำปูนปลาสเตอร์มาผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันมีการนำน้ำกลับเข้าไปในโครงสร้างอีกครั้ง (Rehydrate หรือ Hydration) กลายเป็นผลึกยิปซัมที่มีลักษณะเป็นรูปเข็มสานกัน การเติบโตของผลึกทำให้เกิดการสานเกี่ยวกันและยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงแวนเดอร์วาลส์ จนยึดตัวกลายเป็นก้อนยิปซัมที่แข็งตัวในที่สุด [1]

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การก่อตัวของเอฟจีดีอีปลาสเตอร์เกิดขึ้นเร็วมาก และมากกว่าปูนปลาสเตอร์ทางการค้าถึง 2-3 เท่า [1] เนื่องจากการมีสารปนเปื้อนอยู่ในเอฟจีดีอีปลาสเตอร์

ทำให้ไม่สะดวกต่อการนำไปขึ้นรูป [1-3] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการยืดเวลาการก่อตัวโดยใช้สารเติมแต่งชนิดสารอินทรีย์ เพื่อหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชัน ให้เอฟจีดีอีปลาสเตอร์มีระยะเวลาก่อตัวเทียบเท่ากับปลาสเตอร์ แต่พบว่าการเติมสารเติมแต่งส่งผลกระทบต่ออัตราการเติบโตของผลึก และทำให้โครงสร้างสัณฐานวิทยาของผลึกเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยผลึกของยิปซัมที่มีการเติมสารเติมแต่งจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากผลึกรูปเข็ม (Needle shape) กลายเป็นผลึกรูปรูปร่างสั้นลงและแบนราบ (Tabular shape) หรือกล่าวได้ว่ามีค่า Aspect ratio (c/a Axis) ลดลง [3,5-6] ทำให้ประสิทธิภาพการสานเกี่ยวกันของผลึกลดลง ทำให้แรงแวนเดอร์วาลส์ที่เกิดขึ้นระหว่างผลึกลดลง ส่งผลให้วัสดุทนต่อแรงกดอัดต่ำลง ซึ่งผลเสียนี้กระทบต่อการใช้งานในเชิงวิศวกรรม [6] เนื่องจากการเติมสารเติมแต่งเพื่อหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันมีผลทำให้โครงสร้างจุลภาคของผลึกเอฟจีดีอีปซัมเกิดการเปลี่ยนแปลง งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาอิทธิพลของชนิดและความเข้มข้นของสารเติมแต่งที่มีต่อการหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชัน และต่อสมบัติเชิงกล (Mechanical properties) เพื่อนำไปปรับปรุงคุณลักษณะและสมบัติของเอฟจีดีอีปลาสเตอร์ ให้เทียบเท่าปลาสเตอร์ทางการค้า กล่าวคือ มีระยะเวลาในการก่อตัวของปลาสเตอร์ 25-30 นาที และวัสดุที่ได้หลังจากการก่อตัวมีความทนต่อแรงอัด ≥ 8.2 MPa นอกจากนี้ยังได้ศึกษาอัตราการเติบโตของผลึกยิปซัมด้วย

2. วัตถุดิบที่ใช้และการทดลอง

2.1 วัตถุดิบที่ใช้

เอฟจีดีอีปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และสารเติมแต่งเป็นสารเคมีเกรดวิเคราะห์ ชนิด กรดอะซิติก ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$), กรดซิตริก ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$), กรดมาลิก ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$), กรดซัคซินิก ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$) และโซเดียมลิกโนซัลโฟเนต ($\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{Na}_2\text{O}_{10}\text{S}_2$)

2.2 การทดลอง

ศึกษาลักษณะเฉพาะของเอฟจีดีอีปซัมและศึกษาอิทธิพลของสารเติมแต่งต่อสมบัติกายภาพและสมบัติเชิงกล

ของเอฟจีดีอีปซัมตามแผนการวิจัยแสดงในรูปที่ 1

องค์ประกอบทางเคมีวิเคราะห์โดยใช้ เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-Ray Fluorescence; XRF) รุ่น Magix Pro MUA/USEP T84005 ของบริษัท Philips องค์ประกอบทางแร่วิเคราะห์โดยใช้ เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-Ray Diffraction; XRD) รุ่น X'Pert Pro MPD ของบริษัท Philips

การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนวิเคราะห์โดย เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุ (Differential Thermal Analysis; DTA/TG) ของบริษัท Perkin-Elmer ระยะเวลาในการก่อก้อนทดสอบโดยเครื่องทดสอบการก่อก้อน (Vicat) รุ่น H-3080 ของบริษัท Humbolat

ค่าความทนต่อแรงอัดทดสอบโดย เครื่องทดสอบความทนต่อแรงอัด (Compressive strength) รุ่น Toni Comp. III ของบริษัท Toni Technik

ค่าการดูดซึมน้ำวัดโดยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล 3 ตำแหน่ง

ค่าความหนาแน่นวัดโดยเครื่องชั่งน้ำหนักแบบแทนที่น้ำ

โครงสร้างจุลภาควิเคราะห์ โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) รุ่น JSM-5190 LV ของบริษัท JEOL

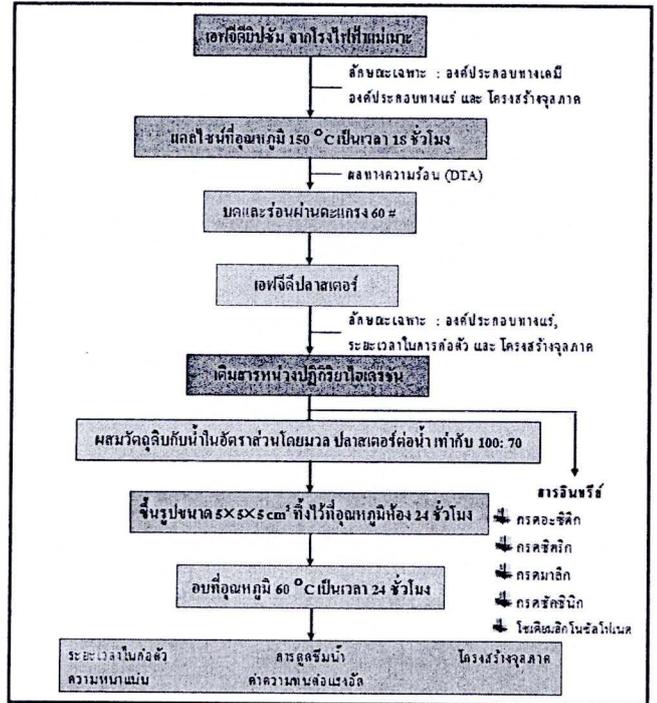
การศึกษาสัณฐานวิทยาของผลึกเอฟจีดีอีปซัม โดยโปรแกรม SemAfore 4

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1. ลักษณะเฉพาะของเอฟจีดีอีปซัม

3.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของเอฟจีดีอีปซัม

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเอฟจีดีอีปซัม ในตารางที่ 1 พบว่ามีปริมาณ CaO และ SO₃ เป็นองค์ประกอบหลัก คือมี CaO เท่ากับ 41.52% และมี SO₃ เท่ากับ 55.10% และพบว่ามีสารปนเปื้อนอื่นๆ ได้แก่ Al₂O₃, SiO₂ และ Fe₂O₃ ซึ่ง



รูปที่ 1 แผนการวิจัย

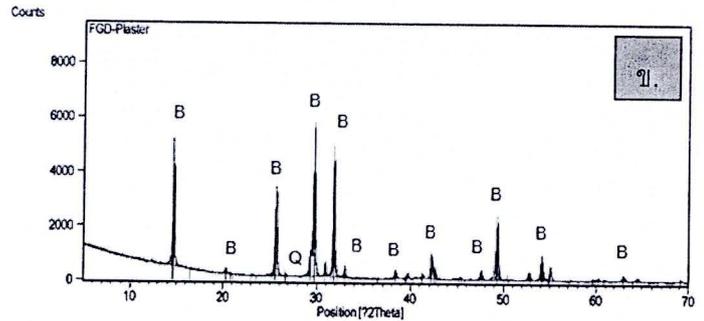
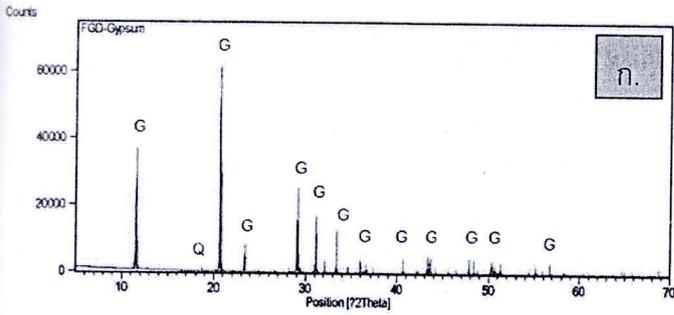
เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ปลาสเตอร์ที่ผลิตจากเอฟจีดีอีปซัม ก่อก้อนเร็ว นอกจากนี้สีเหลืองอ่อนของเอฟจีดีอีปซัม มาจากการปนเปื้อนของ Fe₂O₃

3.1.2 องค์ประกอบทางแร่ของเอฟจีดีอีปซัมและเอฟจีดีอีปลาสเตอร์

จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ของเอฟจีดีอีปซัม พบว่า ประกอบด้วย ยิปซัมเป็นองค์ประกอบหลัก และมีสิ่งเจือปน ชนิดหินปูน และ ควอตซ์ ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และจากลักษณะของกราฟบ่งบอกความเป็นผลึกที่ค่อนข้างสมบูรณ์จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ของเอฟจีดีอีปลาสเตอร์ พบว่าประกอบด้วย Calcium sulfate hemihydrate (Bassanite) เป็นองค์ประกอบหลัก แสดงว่าเอฟจีดีอีปซัม (Calcium sulfate dehydrate) สามารถเปลี่ยนเป็นเอฟจีดีอีปลาสเตอร์ (Bassanite) ที่ อุณหภูมิ 150 °C และจากลักษณะของกราฟบ่งบอกความเป็นผลึกที่ค่อนข้างสมบูรณ์

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเอพิจีตียิปซัม

องค์ประกอบทางเคมี	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Mn ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
ปริมาณออกไซด์โดยน้ำหนัก(%)	0.00	0.00	1.08	1.96	55.10	0.00	41.52	0.00	0.00	0.34



รูปที่ 2 XRD-pattern ของเอพิจีตียิปซัมและเอพิจีตียิปลาสเตอร์ [G: Gypsum (CaSO₄·2H₂O), B: Bassanite (CaSO₄·0.5H₂O), Q: Quartz (SiO₂)]

(ก.) เอพิจีตียิปซัม

(ข.) เอพิจีตียิปลาสเตอร์

3.1.3 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเอพิจีตียิปซัม

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี เนื่องด้วยความร้อนของเอพิจีตียิปซัมพบว่าในช่วงอุณหภูมิ 80 - 160 °C ของ DTA curve เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบดูดความร้อน (Endothermic reaction) เนื่องจากการระเหยน้ำส่วนที่เป็นความชื้น และน้ำส่วนที่อยู่ในโครงสร้างของเอพิจีตียิปซัมออกไปและมีเมื่อพิจารณา TG curve พบว่ามีน้ำหนักหายไปจากเอพิจีตียิปซัม ประมาณ 17% และน้ำหนักจะเริ่มคงที่ที่อุณหภูมิ 150 °C และจะลดลงอีกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งจะเห็นว่า DTA curve แสดงอุณหภูมิสิ้นสุดของการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของยิปซัม ณ อุณหภูมิ 160 °C ซึ่งก่อนข้างใกล้เคียงกับ TG curve โดยแสดงให้เห็นถึงการระเหยน้ำออกจากโครงสร้าง (Combined water) ของเอพิจีตียิปซัม ทั้งหมดจะสิ้นสุดที่อุณหภูมิประมาณ 160 °C

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้อุณหภูมิ 150 °C ในการเผาเอพิจีตียิปซัมในระดับห้องปฏิบัติการ

3.2 กลไกการหน่วงปฏิกิริยาและอิทธิพลของสารเติมแต่งต่อสถานะวิทยาของผลึกเอพิจีตียิปซัม

3.2.1 กลไกการหน่วงปฏิกิริยาของกรดอินทรีย์

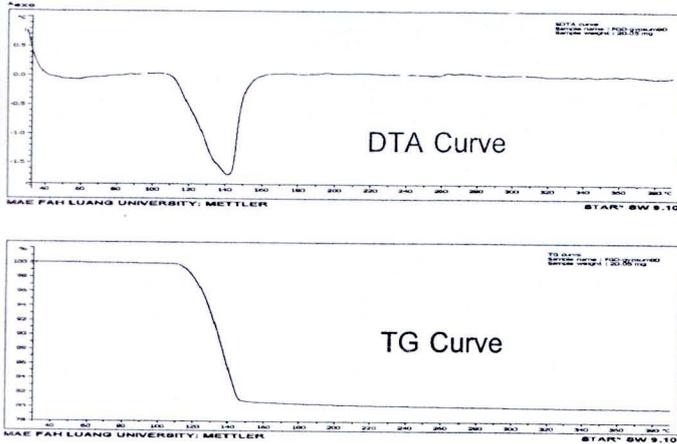
กรดอินทรีย์ได้แก่ กรดอะซิติก กรดซิตริก กรดมาลิก และ กรดซัคซินิก เมื่อเติมกรดอินทรีย์ลงไป จะเกิดการดูดซับของ

ไอออนลบของหมู่คาร์บอกซิลิกกับไอออนบวกของแคลเซียมที่บริเวณผิวผลึกเอพิจีตียิปลาสเตอร์ทำให้ผิวผลึกไม่มีพื้นที่ให้น้ำเข้าจับกับผิวผลึก ส่งผลให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันเกิดช้าลงทำให้ระยะเวลาการก่อตัวเพิ่มขึ้น [7] พบว่าที่ความเข้มข้นเดียวกัน การเติมกรดมาลิกจะหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันได้นานที่สุด เนื่องจากกรดมาลิกมีความซับซ้อนของโครงสร้างไฮโดรคาร์บอนมากกว่า กรดอินทรีย์ชนิดอื่นๆ จึงจับกับน้ำได้ดีกว่า

3.2.2 กลไกการหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันของโซเดียมลิกโนซัลโฟเนต

โซเดียมลิกโนซัลโฟเนตหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันโดยการปรับประจุของอนุภาคที่อยู่ในน้ำ ให้เหมือนกัน ซึ่งเป็นการหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันโดยอาศัยหลักการของไฟฟ้าสถิตย์ ในทางปฏิบัติเมื่อผสมเอพิจีตียิปลาสเตอร์กับน้ำอนุภาคของเอพิจีตียิปลาสเตอร์ในน้ำจะเกาะกลุ่มกัน (Floculate) เนื่องจากอนุภาคมีทั้งประจุบวกและลบ การเกาะกลุ่มของอนุภาคทำให้น้ำที่ช่วยในการไหลตัวลดลงเนื่องจากน้ำไปอยู่ที่ผิวของอนุภาคมากขึ้น โมเลกุลของโซเดียมลิกโนซัลโฟเนตจะปรับสภาพผิวของอนุภาคปลาสเตอร์และยิปซัมในน้ำให้มีประจุที่เหมือนกัน และเนื่องจากโมเลกุลของลิกโนซัลโฟเนตมีขนาดใหญ่จึงสามารถขัดขวางไม่ให้อนุภาคเข้าใกล้กัน ซึ่งเรียกว่า "Steric hindrance"

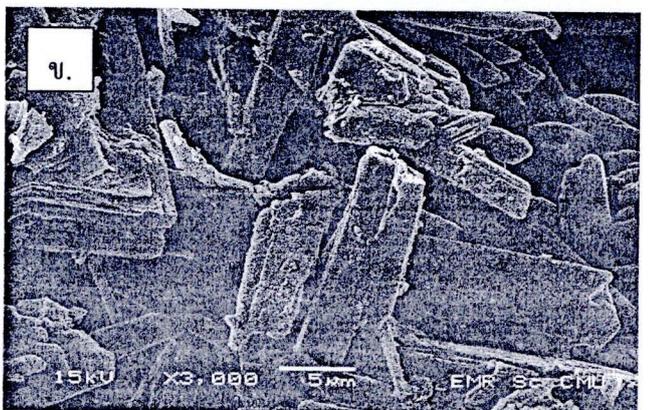
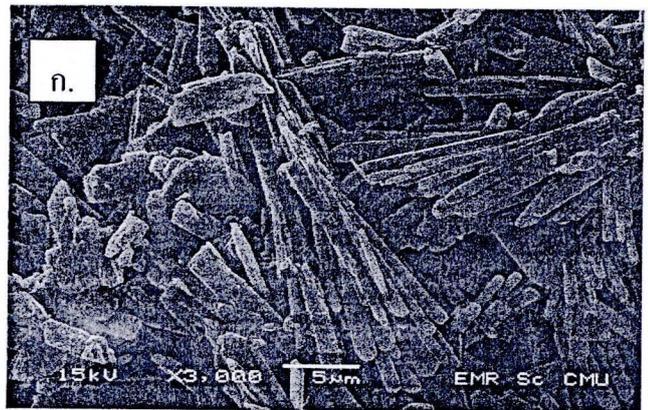
ทำให้อนุภาคกระจายตัวและมีความหนืดลดลง ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาในการก่อตัวเพิ่มขึ้นด้วย[8]



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของเอฟจีดีอีปซัม

3.2.3 อิทธิพลของสารเติมแต่งต่อสัณฐานวิทยาของผลึกเอฟจีดีอีปซัม

โดยปกติเมื่อมีการก่อตัวผลึกยิปซัมจะโตตามระนาบ (111) จนเป็นผลึกรูปเข็มที่มีลักษณะของ 1 มิติ (1-Dimensional shape) และเมื่อมีการหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันด้วยกรดอินทรีย์ ทำให้การตกผลึกเป็นไปอย่างช้าๆ ส่งผลให้ความยาวและความกว้างของผลึกเพิ่มขึ้น แต่เนื่องด้วยการดูดซับของกรดอินทรีย์ที่ผิวผลึกมีความจำเพาะ กล่าวคือ กรดอินทรีย์จะดูดซับกับผิวผลึกในระนาบ (120) และ (1 1 1) [5] ส่งผลให้อัตราการเติบโตของผลึกในด้านยาวลดลงดังแสดงในตารางที่ 2 จึงทำให้ผลึกเกิดการเปลี่ยนแปลงจากรูปเข็ม (Needle shape) ดังแสดงในรูปที่ 4 (ก.) กลายเป็นรูปสี่เหลี่ยมแบนราบ (Tabular shape) ที่มีลักษณะเป็น 2 มิติ (2-Dimensional shape) ดังแสดงในรูปที่ 4 (ข.) และจากรูปที่ 5 พบว่าค่า Aspect ratio ของผลึกที่อยู่ในระบบที่ใช้กรดซิตริกเป็นสารหน่วงปฏิกิริยามีค่าต่ำสุดแสดงว่ากรดซิตริกมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของผลึกมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษารองของ W. Prakaypun และ S. Jinawath. [3] ซึ่งพบว่ากรดซิตริกจะเปลี่ยนรูปร่างของยิปซัมจากรูปเข็มไปเป็นรูปทรงกลม (Circular shape) ซึ่งเกิดจากการโตขึ้นของผลึกรูปสี่เหลี่ยมแบนราบ



รูปที่ 4 สัณฐานวิทยาของผลึกเอฟจีดีอีปซัม (ก.) ไม่เติมสารเติมแต่ง (ข.) เติมกรดซิตริก 0.07% โดยน้ำหนัก

ดังที่ได้กล่าวข้างต้นถึงการดูดซับของโมเลกุลโซเดียมลิกโนซัลโฟเนตที่ผิวของพลาสติกอร์ซึ่งทำให้เกิดการผลึกกันของอนุภาคต่างๆในน้ำ ส่งผลให้เกิดการเกิดพันธะไฮออนิกระหว่างแคลเซียมไฮออน ซัลเฟตไฮออนและ โมเลกุลน้ำเพื่อตกผลึกเป็นยิปซัมได้ช้าลง ส่งผลให้ความยาวและความกว้างของผลึกเพิ่มขึ้นด้วย โดยการดูดซับจะหันด้านที่เป็นสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนติดกับอนุภาคพลาสติกอร์ในทุกๆ ระนาบผลึกและหันด้านที่เป็นแอนไอออนิกของซัลโฟเนตฟีนอลิกและแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นด้านที่ชอบน้ำมากกว่าออกมาด้านนอก ซึ่งจะสัมผัสกับน้ำในระบบโดยการดูดซับไม่แข็งแรงเท่ากับกรดอินทรีย์ ทำให้ผลึกยิปซัมที่ได้ยังคงมีการเติบโตของหน้าผลึก (1 1 1) ได้ จึงทำให้ค่ามีอัตราการเปลี่ยนแปลงรูปร่างผลึกมีน้อย หากเติมลิกโนซัลโฟเนตในปริมาณไม่มากเมื่อเทียบกับกรดอินทรีย์ชนิดกรดซิตริกและกรดซิตริก

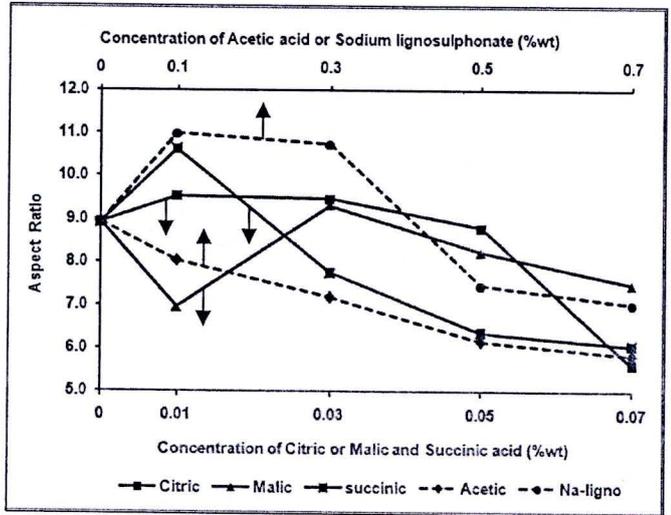
ตารางที่ 2 ความยาวและความกว้างเฉลี่ยของผลึกเอพิจิตียิปซัม

สูตร	ความยาวเฉลี่ย (ไมโครเมตร)	ความกว้างเฉลี่ย (ไมโครเมตร)
No additive	8.55	1.04
Malic 0.01%	10.91	1.69
Malic 0.03%	8.17	1.11
Malic 0.05%	10.30	1.53
Malic 0.07%	9.50	1.47
Succinic 0.01%	11.30	1.22
Succinic 0.03%	16.65	2.33
Succinic 0.05%	12.15	2.04
Succinic 0.07%	10.75	1.85
Citric 0.01%	9.56	1.13
Citric 0.03%	9.80	1.19
Citric 0.05%	9.72	1.20
Citric 0.07%	16.50	3.26
Acetic 0.1%	16.81	2.23
Acetic 0.3%	15.24	2.18
Acetic 0.5%	16.63	2.68
Acetic 0.7%	17.58	2.87
Na-Ligno 0.1%	9.85	0.83
Na-Ligno 0.3%	10.00	0.99
Na-Ligno 0.5%	14.30	2.06
Na-Ligno 0.7%	16.05	2.41

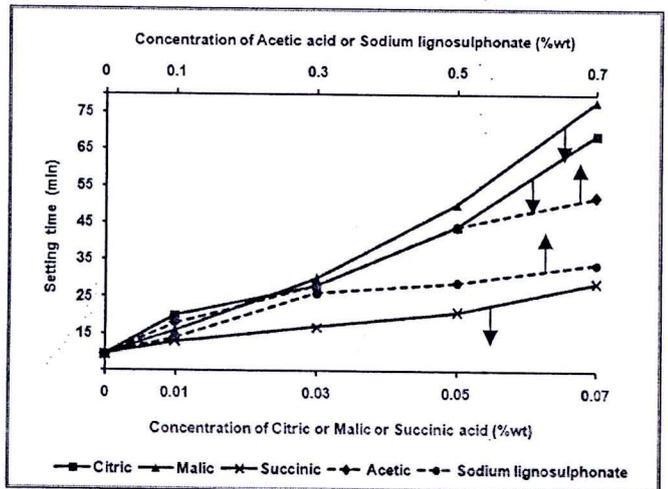
3.3.1 ระยะเวลาการก่อตัว

จากการทดลองพบว่าเมื่อเติมสารเติมแต่งในปริมาณมากขึ้น จะส่งผลให้ระยะเวลาในการก่อตัวมากขึ้น โดยการเติมกรดมาลิก 0.07% โดยน้ำหนัก สามารถหน่วงระยะเวลาการก่อตัวได้นานที่สุด 78 นาที เมื่อเทียบกับเวลาการก่อตัวของพลาสติกอร์ที่ไม่ได้เติมสารหน่วง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 10 นาที ผลการดูดซับกรดอินทรีย์บนผิวผลึกยิปซัมสอดคล้องกับผลของ B. Elisabeth และคณะ [5] ที่พบว่ากรดมาลิกดูดซับบนผิวผลึกสูงถึง 64% ส่งผลให้หน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันได้ดี ทำให้มีเวลาก่อตัวนานที่สุด เนื่องจากโซเดียมลิกโนซัลโฟเนตหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันด้วยไฟฟ้าสถิตย์และ Steric hindrance ซึ่งแรง

ทางไฟฟ้าสถิตย์เป็นเพียงแรงอ่อนๆเท่านั้น ทำให้การหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันสิ้นสุดลงในระยะเวลาอันสั้น จากรูปที่ 6 จะเห็นว่าความชันของเส้นกราฟแสดงเวลาการก่อตัวของโซเดียมลิกโนซัลโฟเนตมีความชันน้อยมาก แสดงว่าการเพิ่มปริมาณโซเดียมลิกโนซัลโฟเนต มีผลต่อการเพิ่มของระยะเวลาในการก่อตัวน้อยมาก



รูปที่ 5 ค่า Aspect ratio ของผลึกเอพิจิตียิปซัมที่เติมสารเติมแต่งชนิดต่างๆ



รูปที่ 6 ระยะเวลาการก่อตัวของเอพิจิตียิปซัมที่เติมสารเติมแต่งชนิดต่างๆ

3.3.2 ความหนาแน่นและค่าการดูดซึมน้ำ

จากการทดลองพบว่าโดยทั่วไปเมื่อเติมสารเติมแต่งในปริมาณมากขึ้นจะส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา

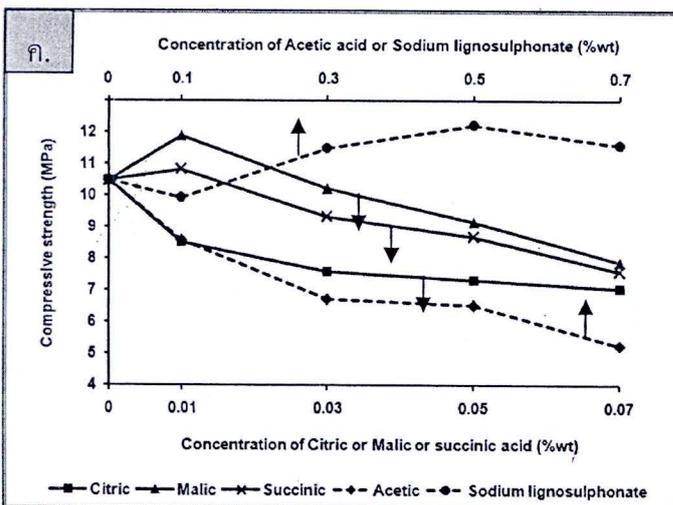
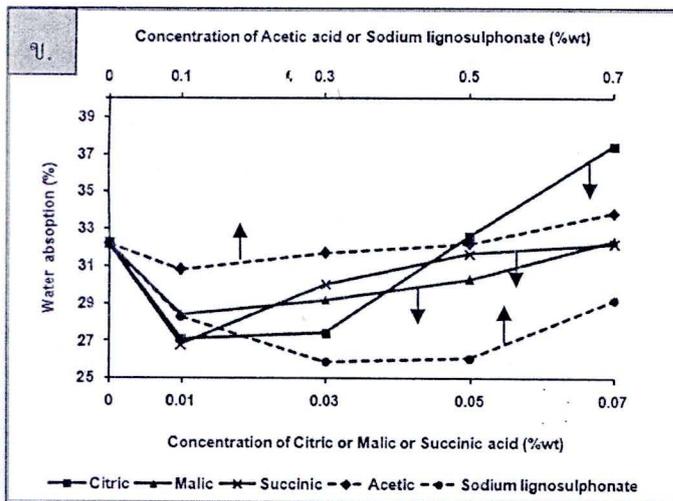
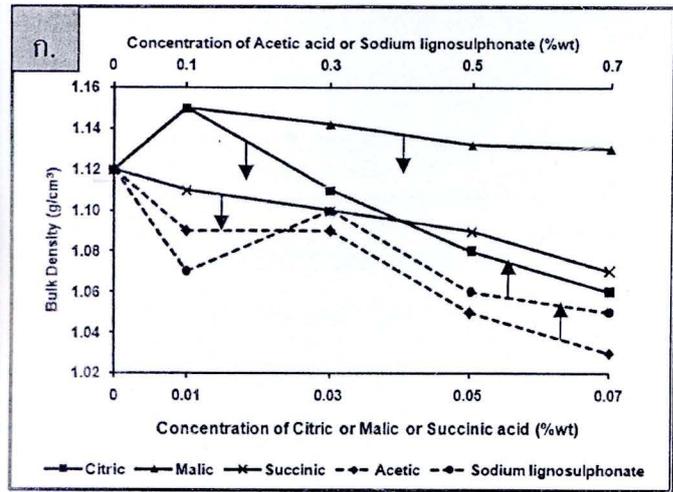
โครงสร้างจุลภาคของผลึก เมื่อปริมาตรสารเติมแต่งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ รูปร่างของผลึกเปลี่ยนแปลงจากรูปเข็มกลายเป็นรูปแผ่นมากขึ้น ทำให้มีช่องว่างขนาดใหญ่มากขึ้นจากการสานเกี่ยวกันของผลึกที่เป็นรูปแผ่น ส่งผลให้มีรูพรุนเปิดเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น และยังพบว่าการจัดเรียงตัวกันของผลึกที่เป็นแผ่นจะมีความหนาแน่นน้อยกว่าผลึกรูปเข็ม นอกจากนี้พบว่าการใช้กรรมวิธีการเป็นสารหน่วงในทุกความเข้มข้น ทำให้วัสดุมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าการเติมด้วยสารหน่วงอื่นๆ และที่ไม่ได้เติมสารหน่วง แต่อย่างไรก็ตาม วัสดุที่เติมด้วยกรรมวิธีการ ยังมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่มากกว่าวัสดุที่เติมด้วยลิกโนซัลโฟเนต แสดงให้เห็นถึงในวัสดุที่เติมด้วยมาลิกมีรูพรุนเปิดมากกว่ารูพรุนปิด แต่วัสดุที่เติมด้วยลิกโนซัลโฟเนตมีรูพรุนปิดมากกว่ารูพรุนเปิด และมีรูพรุนโดยรวมมากกว่าวัสดุที่เติมด้วยมาลิกจึงทำให้มีความหนาแน่นน้อยกว่า อย่างไรก็ตามพบว่าค่าการดูดซึมน้ำของวัสดุที่ไม่ได้เติมสารหน่วงมีค่ามากถึง 32.2% มากกว่าวัสดุที่เติมด้วยสารหน่วง แสดงให้เห็นถึงการมีรูพรุนเปิดอยู่เป็นจำนวนมาก

3.3.3 ความทนต่อแรงกดอัด

จากการทดลองพบว่าเมื่อเติมสารเติมแต่งชนิดมาลิกและซัลฟอนิก 0.01% โดยน้ำหนัก ทำให้วัสดุมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจากที่ไม่มีการเติมสารหน่วงเล็กน้อย เนื่องจากระยะเวลาในการตกผลึกเพิ่มขึ้นทำให้ผลึกมีเวลาในการจัดเรียงรูปผลึกให้สมบูรณ์ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของวัสดุ อย่างไรก็ตามหากเติมกรดอินทรีย์ในปริมาณมากขึ้น จะส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงอัดลดลงซึ่งสัมพันธ์กับความหนาแน่น และค่าการดูดซึมน้ำ เนื่องจากความทนต่อแรงอัดขึ้นอยู่กับการผนึกกันของโครงสร้างวัสดุ (Interlocking) ที่มีปัจจัยประกอบ ได้แก่ ขนาดอนุภาค, รูปร่างอนุภาค และ ความไม่สมบูรณ์ของผลึกเอฟเจดีอีพิซึม (Macro defects) โดยการที่ผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้น

แต่กลับมีค่า Aspect ratio ลดลง ทำให้ผลึกเปลี่ยนจากผลึกรูปเข็มขนาดเล็กกลายเป็นผลึกแบบแผ่นขนาดใหญ่ ทำให้อนุภาคมีโอกาสอยู่ห่างกันมากขึ้นส่งผลให้แรงแวนเดอร์วาลส์ลดลงด้วย จากผลการศึกษาของ Finot และคณะ[9] และ Mathieu และคณะ[10] พบว่าแรงยึดติด (Adhesion) ที่เกิดขึ้นระหว่างหน้าต่างๆของผลึกยิปซัมจะมีความแตกต่างกันเมื่อเติมกรดอินทรีย์แต่ละชนิดที่มี โครงสร้างโมเลกุล, หมู่ฟังก์ชันของโมเลกุล, ความเป็นกรดและความสามารถในการดูดซับที่ผิวของผลึกยิปซัม ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนรูปร่างของผลึก ซึ่งจะส่งผลต่อแรงยึดติดดังกล่าว โดยเมื่อผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้นและเปลี่ยนเป็นรูปผลึกแบบแผ่นทำให้ พื้นที่ผิวสัมผัสของผลึกลดลง ส่งผลให้โครงสร้างวัสดุเหนียวตัวกันไม่ได้ดี หรืออาจจะกล่าวได้ว่าหน้าผลึกของยิปซัมแต่ละหน้ามีแรงยึดติดลดลง ซึ่งแรงยึดติดนี้มีความสำคัญมากกว่าแรงแวนเดอร์วาลส์ ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมไปว่าอนุภาคที่อยู่ใกล้กันจะทำให้ได้วัสดุที่แข็งแรงมากกว่า

ผลการทดลองพบว่าการเติมโซเดียมลิกโนซัลโฟเนตส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงอัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากการหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันของสารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปผลึกไม่มากตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ทำให้แรงยึดติดและการผนึกตัวของโครงสร้างวัสดุที่เติมด้วยโซเดียมลิกโนซัลโฟเนตมีค่ามากกว่าการเติมด้วยสารหน่วงอย่างอื่น นอกจากนี้การเติมโซเดียมลิกโนซัลโฟเนตทำให้วัสดุมีรูพรุนแบบปิดมากกว่าแบบเปิดจึงทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าการเติมด้วยสารอื่นๆ และ แต่การเติมโซเดียมลิกโนซัลโฟเนตในปริมาณมากเกินไปจะทำให้ค่าความทนต่อแรงอัดลดลง เนื่องจากรูปผลึกเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น โดยมีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งจะส่งผลต่อการผนึกตัวของโครงสร้างวัสดุและทำให้อนุภาคยิปซัมอยู่ห่างกันมากขึ้น



4. สรุปผลการทดลอง

สารเติมแต่งที่สามารถปรับปรุงคุณภาพเอฟจีดีพลาสติกอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดคือ กรดมาลิกความเข้มข้น 0.03 % โดยน้ำหนัก ซึ่งมีระยะเวลาก่อตัว 30 นาที และให้ค่าความทนต่อแรงอัดหลังจากการก่อตัว 10.2 MPa ซึ่งเทียบเท่ากับค่าความทนต่อแรงอัดของพลาสติกอร์ทางการค้าโดยประสิทธิภาพของการหน่วงปฏิกิริยาไฮเดรชันของกรดอินทรีย์เรียงจากมากไปน้อยได้ดังนี้ กรดมาลิก > กรดซิตริก > กรดซัคซินิก > กรดอะซิติก การเติมสารเติมแต่งชนิดกรดอินทรีย์ จะส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงอัดลดลง แต่การเติมโซเดียมลิกโนซัลเฟตจะส่งผลให้ค่าความทนต่อแรงอัดเพิ่มขึ้น เมื่อเติมในปริมาณมากขึ้น

สารเติมแต่งทุกชนิดทำให้ค่า Aspect ratio ของผลึกเอฟจีดียิปซัมลดลง โดยกรดซิตริกทำให้รูปผลึกเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ซึ่งเปลี่ยนจากรูปเข็ม (Needle shape) เป็นรูปผลึกแบบแผ่น (Tabular Shape) จนกลายเป็นรูปแบบกลม (Circular shape) ในที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณชนวัฒน์ นุกุลการ ผู้จัดการโครงการจัดการธุรกิจวัตถุพลอยได้โรงไฟฟ้าแม่เมาะ สำหรับผลวิเคราะห์ทางเคมีและตัวอย่างเอฟจีดียิปซัม

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรกนก บุญเสริม, 2551. ผลของสารเติมแต่งอินทรีย์และอนินทรีย์ที่มีต่อปฏิกิริยาไฮเดรชัน สมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของเอฟจีดียิปซัม.
- [2] กรกนก บุญเสริม และเกศรินทร์ พิมรักษา, 2550, ศึกษาผลของสารเติมแต่งที่มีต่อเอฟจีดีพลาสติกอร์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 33.

รูปที่ 7 สมบัติกายภาพและสมบัติเชิงกลของวัสดุเอฟจีดียิปซัมที่เติม สารเติมแต่งชนิดต่างๆ

(ก.) ความหนาแน่น (ข.) ค่าการดูดซึมน้ำ
(ค.) ค่าความทนต่อแรงอัด

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ นครศรีธรรมราช.

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- [3] W. Prakaypun and S. Jinawath, 2003. Comparative effect of additive on the mechanical properties of plasters made from flue-gas desulfurized and natural gypsums. Materials and Structures/Matériaux et Constructions, 36 : 51-58.
- [4] Pavel Tesárek, Jaroslava Drchalová , Jiří Kolísko, Pavla Rovnaníková and Robert Černý, 2007. Flue gas desulfurization gypsum: Study of basic mechanical, hydric and thermal properties. Construction and Building Materials, 21 : 1500 – 1509.
- [5] B. Elisabeth, V. Stephane, B. Roland, 1999. Crystallization of gypsum from hemihydrate in presence of additives. Journal of Crystal Growth, 198/199 : 704-709.
- [6] N.B. Singh, B. Middendorf, 2007. Calcium sulphate hemihydrate hydration leading to gypsum crystallization. Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials, 53 : 57 – 77.
- [7] N.B. Singh, C. Vellmer, B. Middendorf, 2005. Effect of Carboxylic acids on the morphology, physical characteristics and hydration of α -hemihydrate plaster. 2005. Indian Journal of Engineering & Materials Sciences, 12 : 337-344.
- [8] X. Ouyang, X. Quiu, P. Chen, 2006. Physicochemical characterization of calcium lignisulfonate-A potentially useful water reducer, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, 282-283 : 489-497.
- [9] E. Finot, E. Lesniewska, J. Goudonnet, J.C. Mutin, 2000. Correlation between surface forces and surface reactivity in the setting of plaster by atomic force microscopy. Applied Surface Science, 161 : 316-322.
- [10] L. Amathieu, R. Boistelle, 1986. Improvement of the mechanical properties of set plasters by means of four organic additives inducing $\{1\ 0\ 1\}$ faces. Journal of Crystal Growth, 79 : 169-177.

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-สกุล

นางสาวจิระนุช สงพูล

วัน เดือน ปี เกิด

2 พฤศจิกายน 2525

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเมืองเสด็จ
ปีการศึกษา 2543

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2547

ทุนการศึกษา

ได้รับทุนการศึกษาระดับปริญญาตรีและปริญญาโทจากสถาบันส่งเสริม
การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ทุน สกว.)

