

УДК 691.23-027.45.666.9

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.300824.48.1073

РОЗРОБКА СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ РЕДИСПЕРСІЙНИХ ПОРОШКІВ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІПСОВИХ СУМІШЕЙ

ДРОЗД А. А.¹, канд. техн. наук,

ДЕХТА Т. М.^{2*}, канд. техн. наук, доц.

¹ ТОВ «Тадалс-буд», пров. Біологічний, 2, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 631-92-92, e-mail: Li2kondik@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7588-5569

^{2*} Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (096) 242-64-41, e-mail: dehta.tatyana75@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5023-3070

Анотація. *Актуальність роботи.* Теоретично обґрунтовано та експериментально доведено можливість отримання сухої добавки-сповільнювача утворення гіпсу на основі негашеного вапна і полівінілацетатної дисперсії внаслідок утворення полівінілового спирту і солей ацетату кальцію в результаті лужного гідролізу дисперсії (ПВАД) полівінілацетату під час гасіння вапна в гідратну вапно-пушонку. Результати роботи реалізовано у виробництві сухих гіпсових сумішей. *Мета дослідження* – розроблення сухих будівельних сумішей на основі гіпсу і збільшення терміну їх придатності за рахунок введення складних добавок на основі негашеного вапна та дисперсії [ПВАД] полівінілацетату. *Методика.* ЗАСТОСОВАНО стандартні методи дослідження для визначення фізико-механічних властивостей гіпсових в'язучих і якості комплексних добавок згідно з ДСТУ Б В.2.7-82:2010, ДСТУ Б В.2.7-23-95, ДСТУ Б В.2.7-171:2008. Дослідження фазового складу матеріалів, мікро- та макроструктури проводились за допомогою рентгенофазового аналізу, електронної і світлової мікроскопії. *Результати.* Досліджено вплив основних складових добавки (дисперсії полівінілацетату та вапна) на властивості напівводного гіпсу. Запропоновано та встановлено хімізм взаємодії компонентів складової добавки, згідно з яким лужний гідроліз полівінілацетату зумовлює утворення полівінілового спирту, особливістю структури, молекули якої – наявність гідрофільних ОН- груп і гідрофобний компонент – вуглеводневий радикал. Гідрофільна частина молекули, будучи іонною, адсорбується на поверхні частинок в'язучого, утворює мономолекулярну плівку, орієнтовану гідрофобною частиною від частинок гіпсу. Можливе також утворення ацетату кальцію $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, що підвищує концентрацію іонів кальцію в розчині. Комбінована дія продуктів гідролізу значно знижує розчинність напівгідрату, швидкість утворення центрів кристалізації, тим самим забезпечуючи ефект сповільнення.

Ключові слова: *суха гіпсова суміш; добавка; міцність; час придатності; строки захоплення; розчинність*

DEVELOPMENT OF DRY BUILDING MIXTURES BASED ON REDISPERSIBLE POWDER FOR REGULATING THE PROPERTIES OF PLASTER MIXTURES

DROZD A.A.¹, Cand. Sc. (Tech.),

DEHTA T.M.^{2*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.

¹ Limited Liability Company “Tadals-bud”, 2, Biological Alley, Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (067) 631-92-92, e-mail: Li2kondik@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7588-5569

^{2*} Department of Technology of Building Materials, Products and Constructions, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (096) 242-64-41, e-mail: dehta.tatyana75@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5023-3070

Abstract. *The relevance of the work.* The results is theoretically substantiated and experimentally confirmed the possibility of obtaining a dry additive-retarder of gypsum setting based on lime and polyvinyl acetate dispersions due to the formation of polyvinyl alcohol and salts of calcium acetate in the result of alkaline hydrolysis of polyvinyl acetate dispersion (PVAD) with the slaked lime in hydrated lime. The results of the work implemented in the production of dry gypsum mixes. *Purpose.* The development of dry building mixes based on gypsum and time increase of time of their conformance through adding of complex additives on the basis of burnt lime and polyvinyl acetate dispersions [PVAD].

Methodology. The study used standard research techniques to determine physical and mechanical properties of gypsum binders and quality of complex additives according to ДСТУ Б В.2.7-82:2010, ДСТУ Б В.2.7-23-95, ДСТУ Б В.2.7-171:2008. Study of phase composition of materials, micro – and macrostructure was carried out by x-ray diffraction, electron and light microscopy. **The results.** The influence of the main components of the additive (polyvinyl acetate dispersion and lime) on the properties of hemihydrate gypsum is investigated. The chemistry of the interaction of components of the complex additive, according to which the result of alkaline hydrolysis of polyvinyl acetate is formed: polyvinyl alcohol, a feature of its molecules structure is the presence of hydrophilic OH-groups and the hydrophobic component – a hydrocarbon radical. The hydrophilic part of the molecule being ion adsorbed on the surface of the particles of the binder, forms a monomolecular layer that is oriented with the hydrophobic part of the gypsum particles. It is also possible the formation of calcium acetate $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, which increases the concentration of calcium ions in solution. The combined effect of hydrolysis products significantly reduce the solubility of hemihydrate, the rate of formation of crystallization centers, due to the slowing effect of these supplements.

Keywords: *dry gypsum mixture; additive; strength; availability time; setting time; solubility*

Вступ. Для регулювання термінів схоплювання у гіпсові суміші вводять різні добавки. Аналіз показує, що в Україні недостатньо розвинене виробництво сухих будівельних сумішей на основі гіпсу із застосуванням добавок вітчизняного виробництва, внаслідок чого доводиться використовувати імпортні, досить дорогі, що не дозволяє зробити вітчизняну продукцію конкурентоспроможною. Тому питання дослідження та розроблення нових сухих будівельних сумішей на основі добавок вітчизняного виробництва досить актуальні [1; 2].

У 1960-х роках було розпочато промислове перетворення дисперсій полімерів на дисперсійні порошки методом розпилювального сушіння. Сьогодні ця галузь інтенсивно розвивається, неухильно збільшуючи номенклатуру дисперсійних порошків.

Дисперсійні порошки отримують шляхом висушування полімерної емульсії, стабілізованої у воді разом із водорозчинним агентом. У процесі висушування чистої полімерної емульсії відбувається злипання та полімеризація її частинок. Додавання захисних колоїдів і агентів, що протизлипаються, забезпечує отримання сипкого порошку, здатного диспергуватися у воді. Водорозчинний агент утворює аморфне скло на поверхні кожної частинки емульсії і не допускає полімеризації під час сушіння. Висохлий порошок має розмір гранул близько декількох мікронів. За взаємодії порошку з водою водорозчинний агент активізується, відновлюючи таким чином емульсію в її

вихідному вигляді. Однак полімери мають відносно високу вартість.

Мета дослідження. Застосовуючи відомий прийом отримання редисперсійних порошків, спробували використовувати як вихідний компонент вторинний продукт цукрового виробництва кормову патоку (мелясу).

Методика. Бурякова меляса – це в'язка речовина темно-коричневого кольору, добре розчинна у воді. Вона є речовиною органічного походження, а не полімером, і тому в процесі сушіння полімеризується. Однак звичайним способом висушити мелясу дуже важко, оскільки вона має високу гігроскопічність і протягом деякого часу знову перетворюється на початковий стан. Вплив патоки на властивості будівельного гіпсу було досліджено раніше. За використання бурякової меляси в кількості 3 % від маси гіпсу терміни схоплювання збільшуються приблизно втричі [3–5].

Основні результати досліджень. Як водорозчинний агент обрано карбідний мул, це відходить від виробництва ацетилену карбідним способом. Він є масою вологістю $W = 42...45\%$ [6].

Спільне використання добавок, тобто комплексної добавки на основі бурякової меляси та карбідного мулу (у сирому стані), дозволило значно прискорити початок схоплювання будівельного гіпсу від 0,25 до 1,5 год.

Проведені дослідження показали можливість створення комплексної добавки, що дозволяє збільшити живучість суміші та зменшити водопотребу.

Пропонований спосіб заснований на загальній методиці одержання дисперсійних порошоків. У зв'язку з тим, що спосіб отримання дисперсійних порошоків у розпилювальній сушарці характеризується складністю, високою вартістю, запропоновано дещо іншу схему (рис. 1). Уповільнювач твердіння (меляса) диспергується в розчині водорозчинного агента, і після сушіння проводиться додаткове подрібнення.

Важливий фактор, що впливає на розміри частинок, – ступінь диспергації меляси, розміри частинок при цьому повинні досягати мікрона, що дозволяє знизити витрати на сушіння та подрібнення. Тому для отримання дисперсії з такими розмірами

частинок застосовували високооборотний змішувач турбінного типу.

Відповідно до цієї технології, меляса і карбідний мул (водорозчинний агент) в природному стані дозуються і змішуються в диспергаторі.

Потім комплексна добавка направляється на сушіння та подрібнення. Час перемішування меляси – в межах 2...5 хв., залежно від вологості компонентів. Максимальну температуру сушіння 90 °С визначено на основі результатів досліджень. За підвищення температури понад 90 °С відбувалося оплавлення маси та утворення важкорозчинної речовини. Отримані гранули розміром 3...6 мм подрібнювалися у кульовому млині протягом 10...12 хв. до проходження через сито 008.

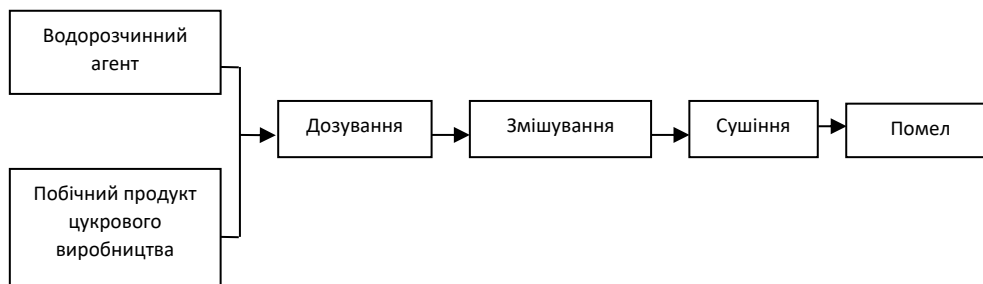


Рис. 1. Технологічна схема отримання сухої добавки

У розробленні технології отримання добавки (меляса + карбідний мул) основними критеріями були: максимальний вміст меляси та мінімальна тривалість сушіння t_c , фактори, що впливають на якість добавки та її вартість. Для визначення

оптимального режиму сушіння були підготовлені добавки із співвідношенням за масою (меляса – карбідний мул) 60/40, 70/30, 80/20, 90/10. Режими сушіння наведені на рисунку 2.

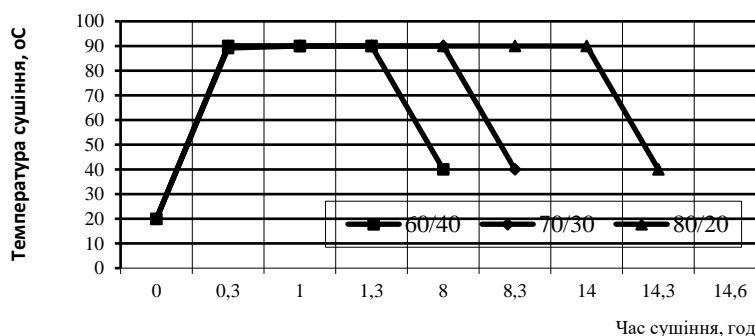


Рис. 2. Режими сушіння

У результаті сушіння та подрібнення отримано добавки із співвідношенням за масою 60/40, 70/30, 80/20. Таким чином, найбільша ефективність сушіння досягається за використання добавки у співвідношенні

компонентів меляса – карбідний мул (60 : 40). У разі збільшення вмісту меляси час сушіння теж значно збільшується. Так, за співвідношення компонентів 80 : 20 час сушіння досягає приблизно 24 год, а за

вмісту 90 : 10 суміш практично неможливо висушити. У зв'язку з цим оптимальним співвідношенням компонентів (меляса – карбідний мул) було прийнято співвідношення 60 : 40. З режимом сушіння $0,3 \times 2 \times 0,3$ год температура сушіння становила $t = 90$ °С.

Таким чином, технологія одержання добавки підтверджена експериментально, що доводить можливість використання меляси у виробництві сухих будівельних сумішей.

Введення добавки в межах від 0,5 до 2,0 % масою дозволяє знизити водогіпсове відношення від 0,63 до 0,53...0,56, при цьому час початку схоплювання збільшується до 1,5 год.

Механічні випробування міцності зразків на основі гіпсу з різним вмістом розробленої добавки показали, що за вмісту добавки до 1 % масою зниження міцності незначне і становить не більше 6–8 %. За

подальшого збільшення кількості добавки міцність різко падає.

Отже, спочатку можна зробити висновок, що вміст добавки має бути в межах 0,3...1,0 %.

Тепловиділення в разі гідратації будівельного гіпсу з добавкою значно відрізняється від тепловиділення напівводного гіпсу, і з добавкою меляси і напівводного гіпсу з карбідним мулом (рис. 3).

Температурний пік термодинамічного процесу гідратації будівельного гіпсу з добавкою на $5...7$ °С нижчий, ніж чистого гіпсу, і становить $36...38$ °С. Пов'язано це з повільнішою швидкістю гідратації, період розігріву суміші становить більше 1 год, тоді як будівельного гіпсу з добавкою карбідного мулу – $20...25$ хв. Ймовірно, зменшується розчинність напівгідрату і час утворення насиченого розчину збільшується.

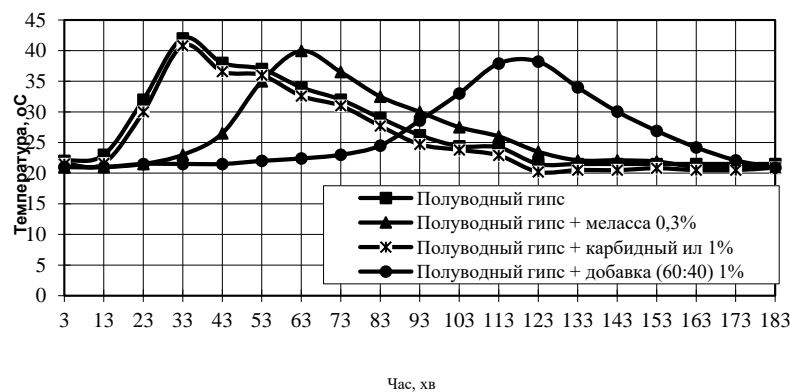


Рис. 3. Зміни температури процесу гідратації напівводного гіпсу за присутності різних добавок

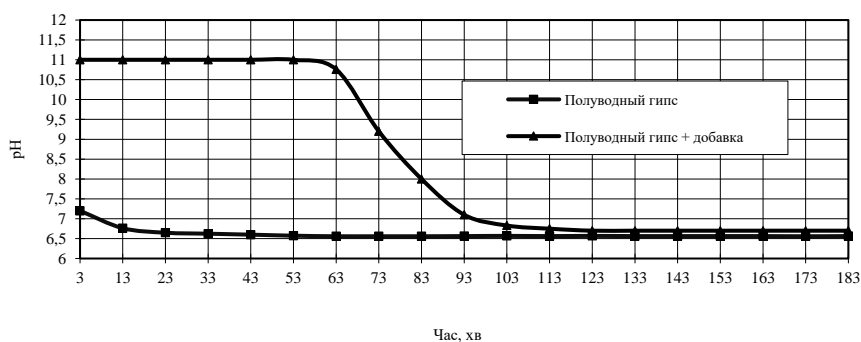


Рис. 4. Графік зміни рН розчину за гідратації чистого будівельного гіпсу та будівельного гіпсу з добавкою

Зміна величини рН розчину (рис. 4) становить 7,3, і після проміжку часу відповідного розчинення напівгідрату і зниження рН розчину нижче 6,8 настає

насичення розчину, і реакція утворення двоводного гіпсу інтенсифікується, на що вказує підвищення температури (рис. 3).

Аналогічне відбувається і за введення добавки, але за рахунок того, що меляса гальмує процес розчинення, а карбідний мул підвищив лужність до $pH = 11$, реакція гідратації настає приблизно через 1 год, що підтверджується зниженням pH розчину (рис. 4).

Тобто можна зазначити, що інтенсивність реакції гідратації настає за зменшення pH розчину нижче 7.

Висновки

Спільне використання меляси та карбідного мулу дозволяє отримати добавку у вигляді сухого порошку. Встановлено, що розроблена добавка дозволяє регулювати терміни схоплювання в межах 25–90 хв., крім того, водогіпсове відношення знижується на 5...8 %, тобто добавка має пластифікувальні властивості. Одна з істотних переваг добавок даного класу – це ефективність застосування, яка виражається в порівняно низьких дозах 0,3...1,0 % за масою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гонтарь Ю. В., Чалова А. І., Бурьянов А. Ф. Сухі будівельні суміші на основі гіпсу та ангідриду. Київ : МАПО, 2010. 214 с. ISBN: 5-93536-076-4.
2. Троян В. В. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Чернігів : Аспект-Поліграф, 2010. 228 с. ISBN: 978-966-340-401-1.
3. Дворкін Л. Й. Модифіковані гіпсові і сульфатно-шлакові в'язучі та матеріали на їх основі. Рівне, 2011. 228 с. ISBN: 978-966-327-190-3.
4. Іващенко С. І. Модифіковані сульфатовані клінкери та цементи на їх основі. Київ : Інфра-М, 2016. 192 с. ISBN: 978-5-00091-129-7.
5. Рунова Р. Ф., Гоц В. І. Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів. Київ : Основа, 2016. 528 с. ISBN: 978-966-699-884-5.
6. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 55 с. (Національний стандарт України).
7. Зоткин А. Г. Бетони з ефективними добавками. Київ : Інфра-Іженерія, 2021. 160 с.
8. Захарченко П. В., Гавриш О. М., Півень Н. М., Іващенко Ю. В. Тенденції розвитку ринку сухих будівельних сумішей України. Сучасні тенденції розвитку і виробництва силікатних матеріалів : матер. III Всеукр. наук.-техн. конф. Львів, 2016. С. 76–79.
9. Рунова Р. Ф., Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л., Носовський Ю. Л. В'язучі речовини : підруч. Київ : Основа, 2012. 446 с.
10. Putzoberflächen im Innenbereich. Merkblatt 3 : Qualitätsstufen. Bundesverband der Gipsindustrie e.V. Berlin, 2016. 14 p.
11. Sachatschenko P., Gavrish A., Iwastchenko J. Die Faktoren, die die Formierung des Marktes von Gipstrockengemischen in der Ukraine beeinflussen. 3. Weimarer Gipstagung. Tagungsbericht. Bauhaus Universität Weimar, 2017. Pp. 269–274.

REFERENCES

1. Gontar Yu.V., Chalova A.I. and Buryanov A.F. *Sukhi budivel'ni sumishi na osnovi hipsu ta anhidrytu* [Dry construction mixtures based on gypsum and anhydrite]. Kyiv : MAPO Publ., 2010, 214 p. ISBN: 5-93536-076-4. (in Ukrainian).
2. Troyan V.V. *Dobavky dlya betoniv i budivel'nykh rozchyniv* [Additives for concrete and building solutions]. Chernihi v: Aspect-Polygraph Publ., 2010, 228 p. ISBN: 978-966-340-401-1. (in Ukrainian).
3. Dworkin L.Yo. *Modyfikovani hipsovi i sul'fatno-shlakovi v'yazhuchi ta materialy na yikh osnovi* [Modified gypsum and sulfate-slag binders and materials based on them]. Rivne, 2011, 228 p. ISBN: 978-966-327-190-3. (in Ukrainian).
4. Ivashchenko S.I. *Modyfikovani sul'fatovani klinkery ta tsementy na yikh osnovi* [Modified sulfated clinkers and cements based on them]. Kyiv : Infra-M Publ., 2016, 192 p. ISBN: 978-5-00091-129-7. (in Ukrainian).
5. Runova R.F. and Gots V.I. *Osnovy vyrobnystva stinovykh ta ozdobyval'nykh materialiv* [Fundamentals of production of wall and finishing materials]. Kyiv : Osнова Publ., 2016, 528 p. ISBN: 978-966-699-884-5. (in Ukrainian).
6. *DSTU B V.2.7-126:2011. Sumishi budivel'ni sukhi modyfikovani. Zahal'ni tekhnichni umovy* [DSTU B V.2.7-126:2011. Dry modified construction mixtures. General technical conditions]. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011, 55 p. (National Standard of Ukraine). (in Ukrainian).

7. Zotkin A.G. *Betony z efektyvnymy dobavkamy* [Concretes with effective additives]. Kyiv : Infra-Izheneriya Publ., 2021, 160 p. (in Ukrainian).

8. Zakharchenko P.V., Havrysh O.M., Piven N.M. and Ivashchenko Yu.V. *Tendentsiyi rozvytku rynku sukhykh budivel'nykh sumishey Ukrayiny* [Trends in the development of the market of dry construction mixtures of Ukraine]. *Suchasni tendentsiyi rozvytku i vyrobnytstva sylikatnykh materialiv : materialy III Vseukrayins'koyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi* [Modern trends in the development and production of silicate materials : materials of the 3rd All-Ukrainian scientific and technical conference]. Lviv, 2016, pp. 76–79. (in Ukrainian).

9. Runova R.F., Dvorkin L.Yo., Dvorkin O.L. and Nosovsky Yu.L. *V'yazhuchi rechovyny : pidruchnyk* [Binders : textbook]. Kyiv : Osnova Publ., 2012, 446 p. (in Ukrainian).

10. Putzoberflächen im Innenbereich. Merkblatt 3 : Qualitätsstufen. Bundesverband der Gipsindustrie e.V. Berlin, 2016, 14 p. (in German).

11. Sachatschenko P., Gavrisch A. and Iwastschenko J. Die Faktoren, die die Formierung des Marktes von Gipstrockengemischen in der Ukraine beeinflussen. 3. Weimarer Gipstagung. Tagungsbericht. Bauhaus Universität Weimar, 2017, pp. 269–274. (in German).

Надійшла до редакції: 20.05.2024.