

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 675.92.027

Фирстов А.П., Шевченко О. И., Мартыненко С. В.

ОПЫТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПО ОПРОБОВАНИЮ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ ПО ЛИКВИДАЦИИ ИЛИ СУЩЕСТВЕННОГО СНИЖЕНИЯ «ПЕРЕДУВА»

Аннотация. При использовании жидкостекляных смесей наряду с достоинствами – дешевизна, упрочнение форм и отсутствие сушки – встречается ряд проблем. К основным проблемам относится затрудненная выбиваемость вследствие повышенной спекаемости жидкого стекла с формовочным песком.

При первоначальном использовании жидкостекляные формы подвергались подсушке с целью ускорения процесса затвердевания (образования коллоидных частиц – геля). Продолжительность подсушивания форм, изготовленных из смеси с жидким стеклом, была в несколько раз меньше, чем обычных. Дальнейшее развитие применения жидкого стекла привело к созданию процесса без сушки путем ускорения процесса химического твердения форм и стержней. Ускорение процесса химического твердения достигается в результате обработки смесей с жидким стеклом углекислым газом (СО₂-процесс). В этом случае твердение форм и стержней производится непосредственно на рабочем месте и длится всего несколько минут.

Продувая стержни углекислым газом, литейщики столкнулись с другой проблемой, влияющей на качество получаемой отливки: при длительной продувке идет понижение прочностных характеристик изделия и образование пригара на её поверхности.

Увеличение длительности продувки жидкостекляных смесей углекислым газом больше оптимального времени продувки снижает механическую прочность формовочной и стержневой смеси. Это явление объясняют наличием образовавшегося гидрокарбоната натрия (NaHCO₃) при подаче углекислого газа в жидкостекляную смесь в большем количестве по сравнению с оптимальным. Решением проблемы снижения прочности жидкостекляных смесей при длительной продувке углекислым газом явилось противозерозионное разделительное покрытие.

Целью работы является обеспечение стабильной прочности жидкостекляной смеси при продувке углекислым газом с нанесением на поверхность формы разделительного покрытия.

Ключевые слова: жидкостекляная смесь, разделительное покрытие, углекислый газ, карбонат натрия, гидрокарбонат натрия, сульфат меди, прочность, пригар

Введение

В 30-х годах в технической литературе появляются первые публикации, описывающие метод химического твердения литейных форм и стержней, содержащих в составе жидкое стекло, получивший в 50-х годах широкое развитие в СССР и за рубежом для различных видов литья [1–4]. При всех положительных сторонах нового метода химического твердения жидкого стекла литейщики столкнулись с негативными явлениями при его использовании. Это возникновение пригара и засоров, получаемых при длительной продувке литейных форм и снижение их механической прочности [5–7]. Проблему можно решить, изменяя состав смеси. Однако большинство авторов считают возможным снизить или устранить указанный недостаток без введения улучшающих смесь добавок.

Известно, что пригара и снижения прочностных характеристик форм и стержней можно избежать, если в интервале температур 400–600°C СО₂-процесса не допускать возникновения «передува» жидкостекляной смеси углекислым газом. Основным следствием этого процесса является появление и накопле-

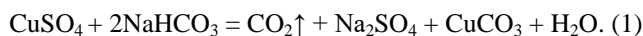
ние гидрокарбоната натрия (NaHCO₃) в приграничных с металлом слоях формовочной смеси [8–15].

Методы и материалы

В качестве решения проблемы предложено использование разделительного покрытия, в состав которого входит соль, катионом которой является металл с положительным электродным потенциалом, а анионом – кислотный остаток, больший по силе, чем угольная кислота при молекулярном соотношении жидкого стекла и соли 2:1 [16, 17].

Экспериментальная часть

Реализация предлагаемого способа осуществлена в условиях лабораторного эксперимента. В качестве основного компонента покрытия использован сульфат меди (CuSO₄) с электродным потенциалом Cu = +0,338. Известно, что электродный потенциал Na = –2,71, константа ионизации кислот (pKa): H₂SO₄ = –3,0 > H₂CO₃ = 6,4 [18]. Таким образом, медь будет вытеснять водород из гидрокарбоната натрия в присутствии угольной кислоты, которая намного слабее серной кислоты. Устранение «передува» будет происходить за счет реакции (1), приводящей к ликвидации гидрокарбоната натрия (NaHCO₃):



Для проведения лабораторных испытаний приготовили жидкостекольную смесь, содержащую 5 % связующего (жидкого стекла). На поверхность формы, изготовленной из указанной смеси, нанесли разделительное покрытие. Обработанную поверхность жидкостекольной формы продували углекислым газом [19–21]. При вируемом времени продувки жидкостекольной смеси осуществляли контроль соотношения образующихся карбонатов и гидрокарбонатов натрия (ГОСТ Р 52963-2008) с фиксацией предела прочности в сухом состоянии (ГОСТ 23409.7–78). Одновременно для получения сравнительных данных осуществили изготовление жидкостекольной формы с таким же содержанием связующего (жидкого стекла), но без нанесения разделительного покрытия.

Результаты исследования

Результаты испытаний по продувке жидкостекольной смеси углекислым газом и относительное содержание карбоната и гидрокарбоната натрия в жидкостекольной смеси представлены в табл. 1 и на рисунке.

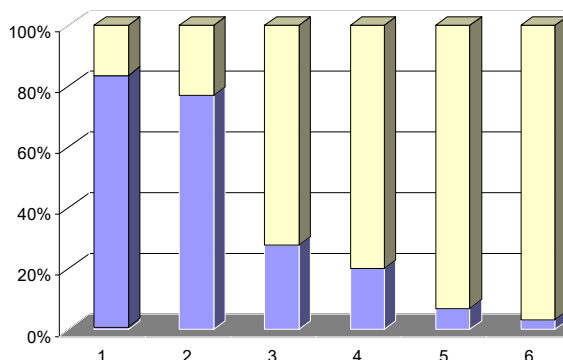
Результаты испытаний по продувке жидкостекольной смеси углекислым газом с изменением прочности представили в табл. 2.

Анализ результатов экспериментов (см. табл. 1) показал, что при продувке формы через две минуты продувки достигается соотношение Na_2CO_3 – 92,4% и NaHCO_3 – 7,6%. Дальнейшее увеличение времени продувки к существенному изменению отношения $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{NaHCO}_3$ привести уже не может. Максимально достигнутый результат лабораторного эксперимента составлял 96,2 / 3,8, однако при таком соотношении наблюдается снижение механической прочности формы. Полностью убрать гидрокарбонат натрия не удастся из-за фронтальной подачи кислого реагента (углекислого газа). Опытные исследования и производственные испытания показали, что время оптимальной продувки жидкостекольной смеси без снижения прочности образца должно не превышать двух минут. Дальнейшая продувка литейной формы влечет за собой снижение предела прочности в сухом состоянии (см. табл. 2).

Таблица 1

Содержание карбоната и гидрокарбоната натрия при различном времени продувки жидкостекольной смеси

№ п/п	1		2		3		4		5		6	
	10		30		60		120		180		240	
Время продувки образца, с												
Контролируемое вещество	Na_2CO_3	NaHCO_3	Na_2CO_3	NaHCO_3	Na_2CO_3	NaHCO_3	Na_2CO_3	NaHCO_3	Na_2CO_3	NaHCO_3	Na_2CO_3	NaHCO_3
Образец без покрытия, %	10	0,2	17,0	0,5	33,0	1,3	74,0	26,0	43,0	57,0	31,0	69,0
Образец с покрытием, %	12	0,1	24,0	0,3	37,0	1,35	92,4	7,6	93,8	6,2	96,2	3,8



Соотношение карбонатов и гидрокарбонатов при различном времени продувки жидкостекольной смеси, % [22]

Таблица 2

Изменение прочности при различном времени продувки смеси

Время продувки образца, с		10	30	60	120	180	240
Прочность, МПа	образец без покрытия	1,75	1,81	1,96	2,1	1,97	1,83
	образец с покрытием	1,76	1,8	1,98	2,17	2,13	2,1

Заключение

Предложенный способ позволил обеспечить стабильную прочность жидкостекольной смеси при продувке углекислым газом. Результаты испытаний показали, что обработка поверхности формовочной смеси солью, катионом которой является металл с положительным электродным потенциалом, а анионом – кислотный остаток, больший по силе, чем угольная кислота при молекулярном соотношении жидкого стекла и соли 2:1, позволяет существенно снизить содержание гидрокарбоната натрия в жидкостекольной смеси, являющийся источником снижения прочности. Установлено, что при продувке формы через две минуты продувки достигается соотношение Na_2CO_3 – 92,4% и NaHCO_3 – 7,6%. За это же время образец демонстрирует максимальную прочность. Дальнейшее увеличение времени продувки к существенному изменению отношения $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{NaHCO}_3$ не приводит. Проведенные промышленные испытания дают возможность внедрения представленного способа на промышленных предприятиях.

Список литературы

- Шапиро, М.С., Шипилин, Б.И. Изготовление стержней в литейных массового производства / ОНТИ Государственное НКТП, Научно-техническое издательство Украины. Харьков, 1937. 168 с.
- Жилин А.И. Растворимое стекло, его свойства, получение и применение. М.: Гос. объединен. науч.-техн. изд-во, 1939. 100 с.
- Ноткин Е. М. Основные направления в развитии литейных цехов на машиностроительных заводах США, Западной Германии, Англии, Франции и Италии. М.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1955. 40 с.
- Григорьев П.Н., Матвеев М.А. Растворимое стекло / Гос. изд-во лит. по строительным материалам. М., 1956. 443 с.
- Мариенбах Л.М., Петров В.П., Фрадин Л.Р. Применение углекислого газа для химического твердения литейных форм и стержней. М.: Центр. бюро техн. информации трактор. и с.-х. машиностроения, 1958. 75 с.
- Лясс А.М., Валисовский И.В. Пути улучшения выживаемости смесей с жидким стеклом // Труды ЦНИИТМАШ. 1960. №6. С. 81–95.
- Paullcek R. Die selbsthartenden Formstoffmischungen in der CSSR // Giessereitechnik. 1976. 22. № 12. S. 418–419.
- Лясс А. М. Быстротвердеющие формовочные смеси. М.: Машиностроение, 1965. 332 с.
- Richards P. I. Factors affecting the soundness and dimensions of iron castings made in cold-curing chemically bonded moulds // British Foundryman. 1982. V. 75. N. 11. P. 213 – 223.
- Жуковский С.С. Прочность литейной формы. М.: Машиностроение, 1989. 288 с.
- Борсук П.А., Лясс А.М. Жидкие самотвердеющие смеси. М.: Машиностроение, 1979. 255 с.
- Gutowski W., Chudziekwicz R. Mechanismus der Verflüssigung von selbsthartenden Formstoffen // Giessereitechnik. 1980. N. 1. P. 20 – 21.
- Клындюк А.И. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по химико-технологическим специальностям. Мн.: БГТУ, 2011. 315 с.
- Технология литейного производства: Литьё в песчаные формы / Трухов А.П., Сорокин Ю.А., Ершов М.Ю. и др.; под ред. А.П. Трухова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 528 с.
- Маслов К.А., Леушин И.О., Субботин А.Ю. Теоретические аспекты некоторых методов повышения технологичности жидкостекольных стержневых смесей, отверждаемых по CO_2 -процессу // Литейщик России. 2010. №6. С.36 – 38.
- Пат. 2764908 С1. Способ отверждения жидкостекольной смеси при изготовлении форм и стержней / А. П. Фирстов [и др.] ; заявл. № 2021122794 от 30.07.2021 ; опубл. 24.01.2022, Бюл. №18.
- Martin G. I. The CO_2 -process—the current state of the art // British Foundryman. 1979. N. 6. P. 164–169.
- Крешков А.П. Основы аналитической химии. М.: Химия, 1971. Т. 2. С. 181-182.
- Dlesek J. Zakladni hlediska pro ryber pisku do smesi pro postup CO_2 // Slevarenstvi. 1979. Bd. 27. N. 11. S. 454-460.
- Гуляев Б.Б., Корнюшкин О.А., Кузин А.В. Формовочные процессы. Л.: Машиностроение, 1987. 264 с.
- Жуковский С.С., Борсук П.А. Перспективы применения смесей с жидким стеклом в литейном производстве // Литейное производство. 1983. № 1. С. 12–14.
- Фирстов А.П. Возможные улучшения свойств жидкостекольных смесей // Евразийский журнал ученых (ЕСУ). 2019. № 10(67). Ч. 6. С. 61–64.

Сведения об авторах

Фирстов Александр Петрович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры металлургических технологий, Нижнетагильский технологический институт (филиал) Уральского федерального университета, г. Нижний Тагил, Россия. E-mail: first55@mail.ru,

Шевченко Олег Игоревич – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедры металлургических технологий, Нижнетагильского технологического института (филиала) Уральского федерального университета, г. Нижний Тагил, Россия. E-mail: oleg.shevchenko@urfu.ru.

Мартыненко Сергей Витальевич – кандидат технических наук, главный металлург, АО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод», г. Нижний Тагил, Россия. E-mail: mart_sergio@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

PILOT TESTS FOR TESTING THE SEPARATION COATING TO ELIMINATE OR SIGNIFICANTLY REDUCE THE "OVERDRIVE"

Firstov Alexander P. – Associate Professor of the Department of Metallurgical Technologies, Nizhny Tagil Institute of Technology (Branch) Ural Federal University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Nizhny Tagil, Russia. E-mail: first55@mail.ru

Shevchenko Oleg I. – Head of the Department of Metallurgical Technologies, Nizhny Tagil Institute of Technology (Branch) Ural Federal University, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Nizhny Tagil, Russia. E-mail: oleg.shevchenko@urfu.ru

Martynenko Sergey V. – Chief Metallurgist, Uralvagonzavod Scientific and Production Corporation, Candidate of Technical Sciences, Nizhny Tagil, Russia. E-mail: mart_sergio@mail.ru

Abstract. When using liquid-glass mixtures, along with the advantages, cheapness, hardening of forms and lack of drying, there are a number of problems. The main ones include difficult knockout due to increased sinterability of liquid glass with molding sand.

During initial use, the liquid-glass molds were dried in order to accelerate the solidification process (formation of colloidal particles - gel). The drying time of molds made from a mixture with liquid glass was several times less than usual. Further development of the use of liquid glass led to the creation of a process without drying by accelerating the process of chemical hardening of molds and rods. The acceleration of the chemical hardening process is achieved as a result of the treatment of mixtures with liquid glass with carbon dioxide (CO₂-process). In this case, the hardening of molds and rods is carried out directly at the workplace and lasts only a few minutes.

Blowing the rods with carbon dioxide, the foundry faced another problem affecting the quality of the resulting casting – with prolonged purging, the strength characteristics of the product decrease and the formation of a burn on its surface.

Increasing the duration of purging of liquid-glass mixtures with carbon dioxide more than the optimal purging time reduces the mechanical strength of the molding and core mixture. This phenomenon is explained by the presence of sodium bicarbonate (NaHCO₃) formed when carbon dioxide is supplied to the liquid-glass mixture in a larger amount than the optimal one. The solution to the problem of reducing the strength of liquid-glass mixtures during prolonged purging with carbon dioxide was an anti-erosion separation coating.

The aim of the work is to ensure the stable strength of the liquid-glass mixture when purging with carbon dioxide with the application of a separation coating on the surface of the mold.

Keywords: liquid-glass mixture, separation coating, carbon dioxide, sodium carbonate, sodium bicarbonate, copper sulfate, strength, prigar.

Ссылка на статью:

Фирстов А.П., Шевченко О.И., Мартыненко С.В. Опытные испытания по опробованию разделительного покрытия по ликвидации или существенного снижения «передува»// Теория и технология металлургического производства. 2023. №4(47). С. 17-20.
Firstov A.P., Shevchenko O.I., Martynenko S.V. Pilot tests for testing the separation coating to eliminate or significantly reduce the "overdrive". *Teoria i tehnologia metallurgiceskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2023, vol. 47, no. 4, pp. 17–20.