

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 671.743.4

Фирстов А.П.

НЕОБХОДИМОЕ ПОЯСНЕНИЕ К ВОПРОСУ ВРЕМЕНИ ПРОДУВКИ ЖИДКОСТЕКОННОЙ СМЕСИ

Аннотация. Одной из причин получения некачественных отливок при CO_2 -процессе является появление в формовочной смеси гидрокарбоната натрия, который в свою очередь дает легкоплавкую среду в смеси, а она, как следствие, приводит к снижению прочностных свойств отливки. Это явление связано с пересыщением подаваемого при продувке углекислого газа. Исключить вероятность «передува» поможет оптимальная подача в смесь кислого реагента. Возможность знать и регулировать временем продувки углекислого газа в жидкостеконную смесь облегчит технологический процесс получения качественной отливки.

Ключевые слова: жидкостеконная смесь, прочность, время продувки, CO_2 -процесс.

Необходимость определять и регулировать время продувки жидкостеконных смесей углекислым газом является одним из необходимых параметров в CO_2 -процессе при получении качественных отливок. Эта необходимость обусловлена возможностью пересыщения жидкостеконной смеси углекислым газом, приводящим к «передуву» смеси, и, как следствие, снижению прочностных свойств будущей отливки. Максимальное значение прочности жидкостеконной смеси наблюдается при участии в реакции эквивалентных концентраций реагирующих веществ. Избыточное содержание углекислого газа приводит к образованию гидрокарбоната натрия ($NaHCO_3$), что впоследствии, сказывается на снижении прочности отливки [1, 2].

В статье «Оптимизация расхода углекислого газа при CO_2 -процессе» в журнале «Литейщик России» за 2019 год [3] была предпринята попытка определить время продувки жидкостеконной смеси углекислым газом. В ней приведена формула нахождения время продувки

$$y = 42,4 + 484,3x_1 - 0,36x_2 + 0,0016x_3, \quad (1)$$

где x_1 – давление, МПа;

x_2 – газопроницаемость, $m^4/H \cdot c$;

x_3 – количество диоксида кремния, мм.

Приведенная выше формула была получена методом множественной регрессии в программе STATISTICA v.10.0.RU. В действительности результаты, полученные по этой формуле, оказались не совсем корректными при их сравнении с опытными данными.

Построив линейные графики (для переменных), отмечается всестороннее визуальное представление данных по всем испытываемым давлениям, с получением диаграмм: по опытным значениями (черные линии, рис. 1) и по формулам, полученным методом множественной регрессии (серые линии, рис. 1).

В представленной диаграмме (рис. 1, а) видно, что формула (1) не отражает крайние значения, и опытные значения сильно разнятся:

- в верхней части диаграммы значения, полученные по формуле (1), не совпадают со значениями, полученными опытным путем, при всех испытываемых давлениях;

- появление близких значений при времени отверждения наблюдаются до ≈ 200 с;

- наличие ломаных кривых на всех участка диаграммы.

Появление различий в значениях связано с низким коэффициентом регрессии (84,6%), наличием в формуле (1) перед фактором давление положительного знака. В статье [3] также указано обоснование нежелательного применения давления 0,05 МПа, связанного с возможностью прерывания подачи газа.

По вышеуказанным причинам возникает необходимость исключения значений при давлении 0,05 МПа.

Исключив давление 0,05 МПа и руководствуясь методом множественной регрессии, получаем новую формулу с коэффициентом регрессии 91,48%, а построив диаграмму (рис. 1, б), наблюдаем очевидное сближение опытных результатов с результатами, полученными по формуле.

$$y = 116 - 739,5x_1 - 0,116x_2 + 0,055x_3, \quad (2)$$

Производственное применение формулы (2) было осуществлено на предприятии города Нижний Тагил, на примере отливки «Корпус буксы», с положительным эффектом [4].

При следующем шаге была произведена попытка исключения значений при давлении 0,1 МПа с получением формулы и с построением диаграммы (рис. 1, в) при коэффициенте регрессии 94,76%.

$$y = 116 - 739,5x_1 - 0,16x_2 + 0,055x_3. \quad (3)$$

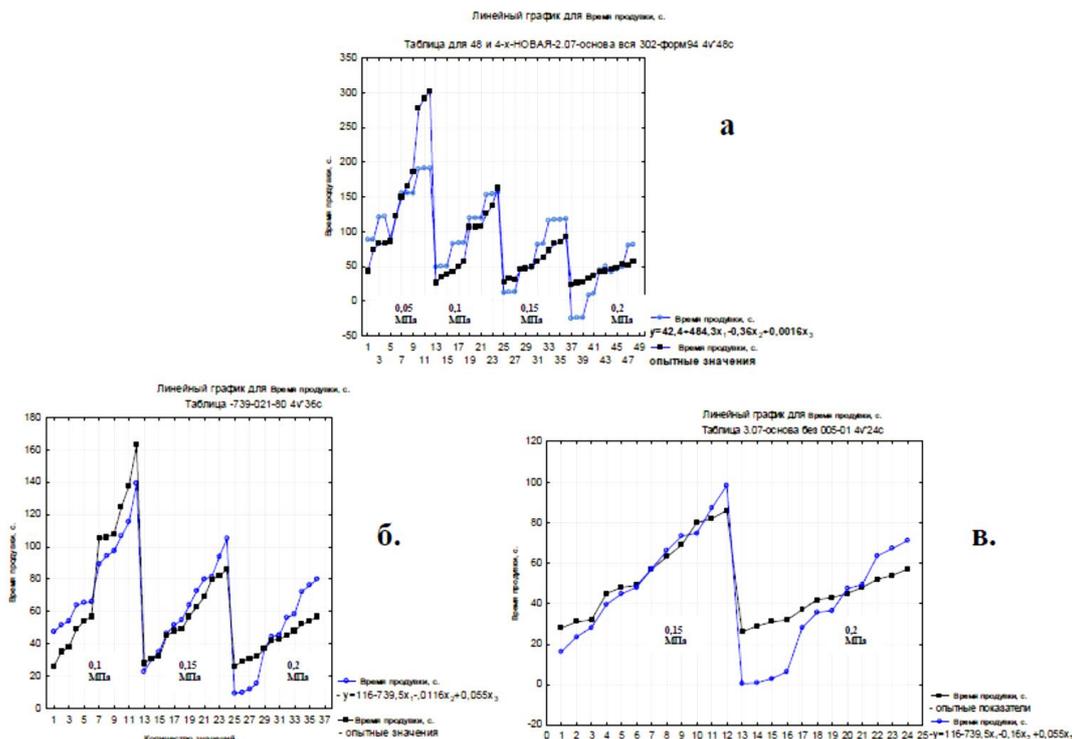


Рис. 1. Линейные графики (для переменных):
а – для формулы (1); б – для формулы (2); в – для формулы (3)

Формулы (2) и (3) не имеют существенного различия в значениях и в коэффициентах при независимых переменных в формулах. Различия наблюдаются по газопроницаемости, но, применив метод планового эксперимента в программе STATISTICA v.10.0.RU, возможно построить карту Парето (рисунок 2), из которой видно, что преобладающим фактором является отверждение давлением, а газопроницаемость - не принципиально важный фактор и, его влияние не превышает уровня значимости 0,05, т.е. 2 σ .



Рис. 2. Влияние факторов на время отверждения жидкостекольной смеси

Таким образом, фактор газопроницаемость не такой сильный, и различие при коэффициенте не существенно и, как следствие, исключение давления 0,1 МПа нежелательно.

Но все же, повышение коэффициента при газопроницаемости приводит к низким значениям в нижней области графика (см. таблицу), хотя по формуле (3) коэффициент регрессии выше.

Совсем иная картина прослеживается для значений при давлении 0,2 МПа. Сравнивая значения, полученные по формуле (2) и (3), видим, что скорость нарастания времени отверждения неоднозначна (таблица). Близкие результаты находятся только в центральной области (в середине графика), в пределах значений количества дигидроортосиликата натрия от 1500 до 2100 гр/объем. Возможное объяснение кроется в том, что жидкостекольное связующее представляет собой гетерогенную систему [5,6], в состав которой входят подвижные структуры, формирующиеся при отверждении жидкого стекла. При давлении 0,2 МПа поток газа механически вызывает миграцию аморфного оксида натрия (SiO_2), присутствующего в системе и связанного с мицеллой ортосиликата натрия слабыми силами Ван дер Вальса [1,7,8].

Поэтому можно принять к сведению следующее: если производить расчеты по времени отверждения, то следует придерживаться формулы (2) с коэффициентом регрессии 91,48%, не исключая давления 0,1 МПа из массива выборки.

Область	Нижняя				Центральная					Верхняя		
	9,5	10	12	15,5	37	44,5	45,5	56	58	72,5	76	80
Значения по формуле (2), с	0,5	1,0	3	6,5	28	35,5	37	47	50	64	67	71
Опытные значения, с	26	29	31	32	37	42	43	45	48	52	54	57
Количество $\text{Na}_2\text{H}_2\text{SiO}_4$, гр/объем	1171	1179	1218	1279	1674	1810	1827	2023	2060	2318	2384	2589

Применяя данную формулу на производстве для определения времени отверждения, необходимо придерживаться следующих правил:

– формула (2) охватывает применение давления от 0,1 до 0,2 МПа;

– применяя давление 0,1 МПа, следует учитывать, что расход углекислого газа будет достаточно высок [3], поэтому это значение давления применимо только для малых и средних стержней;

– при давлении 0,15 МПа более полно отображаются опытные значения;

– при давлении 0,2 МПа близкие значения наблюдаются в центральной области (см. таблицу), где количество дигидроортосиликата натрия варьирует в интервале 1500 ÷ 2100 гр/объем. Полученный расчет количества дигидроортосиликата натрия, лежащий ниже 1500 гр/объем, предупреждает о недостаточно прореагированном количестве реагентов, и необходимо оставить форму перед заливкой на время. Находящийся в атмосфере углекислый газ завершит реакцию. В верхней области в 1,4 раза превышает значения, и в этом случае нужно значения времени отверждения, полученные при помощи формулы (2), умножить на 1,4.

В результате изложенного выведенная формула (2) может быть полезна для определения времени отверждения жидкостекольных смесей при давлениях от 0,1 до 0,2 МПа с указанными ограничениями.

Сведения об авторах

Фирстов Александр Петрович - к.т.н. доцент, Нижнетагильский технологический институт (филиал) Уральского Федерального Университета, г. Нижний Тагил, Россия. E-mail: first55@mail.ru

Список литературы

1. Формовочные и стержневые смеси: учеб. пособие для студентов вузов / С.С.Жуковский, А.Н.Болдин, А.Н. Поддубный, А.Н.Яковлев; под ред. С.С. Жуковского и др. Брянск : Изд-во БГТУ, 2002. 469 с.
2. Гуляев Б.Б., Корнюшкин О.А., Кузин А.В. Формовочные процессы. Л.: Машиностроение, 1987. 267 с.
3. Фирстов А.П. Оптимизация расхода углекислого газа при CO_2 -процессе // Литейщик России. 2019. №3. С. 31-35.
4. Фирстов А.П. Расчет времени отверждения жидкостекольной формы на примере отливки «Корпус буксы» // Евразийское Научное Объединение. 2019. № 7-1 (53). С. 65-68.
5. Киреев В.А. Курс физической химии. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1975. 776 с.
6. Улитин М.В., Филиппов Д.В., Лукин М.В. Физико-химические свойства, устойчивость и коагуляция лиофобных дисперсных систем Иваново, 2007. 108 с.
7. Радущкевич Л.В. Основные проблемы теории физической адсорбции. М.: Наука, 1970. 270 с.
8. Фирстов А.П. Макро- и микроструктура отверждаемого жидкого стекла // Литейщик России. 2015. №7. С. 15-20.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

ABOUT THE QUESTION CONCERNING THE TIME OF BLOWING THE LIQUID-GLASS MIXTURE

Firstov Alexander Petrovich – Associate Professor, Caund. Sci. (Eng.), Nizhny Tagil Technological Institute (branch), Ural Federal University, Nizhny Tagil. E-mail: first55@mail.ru

***Abstract.** One of the reasons for obtaining low-quality castings in the CO₂-process is the appearance of sodium bicarbonate in the molding mixture, which gives a fusible phase in the mixture, and it will reduce the strength properties of the casting. This phenomenon is associated with supersaturation of carbon dioxide supplied during purging. Eliminate the possibility of "Overblowing" will help the optimal supply of acidic reagent in the mixture. The ability of knowing and adjustment the time of blowing carbon dioxide into the liquid-glass mixture will simplify the technological process of obtaining a high-quality casting.*

***Keywords:** liquid-glass mixture, strength, blowing time, CO₂ process.*

Ссылка на статью:

Фирстов А.П. Необходимое пояснение к вопросу времени продувки жидкостекольной смеси// Теория и технология металлургического производства. 2019. №4 (31). С. 35-38.

Firstov A.P. About the question concerning the time of blowing the liquid-glass mixture. *Teoria i tehnologia metallurgiceskogo proizvodstva*. [The theory and process engineering of metallurgical production]. 2019, vol. 31, no. 4, pp.35-38.