

Расчет времени отверждения жидкостекольной формы на примере отливки «Корпус буквы»

Фирстов Александр Петрович, кандидат технических наук, доцент
Нижнетагильский технологический институт (филиал) УрФУ

Аннотация. При длительной продувке форм и стержней углекислым газом происходит снижение прочности отливки, а также, приводит к повышенной осыпаемости и разупрочнению формы.

Ключевые слова: жидкостекольная смесь, углекислый газ, продувка, время отверждения.

Время отверждения жидкостекольной формы является одним из основных свойств смесей при CO_2 -процессе. Существует много работ по данному вопросу [1,2,3]. Все результаты по отверждению жидкостекольных смесей получены опытным путем с выведением эмпирических закономерностей [4,5,6].

В работе [7] был осуществлен аналитический расчет время отверждения смесей с применением основных факторов, таких как, газопроницаемость, количество диоксида кремния натрия и величина подаваемого давления, влияющих на систему «жидкое стекло - кислый отвердитель».

Расчет не сложный, но количество факторов, их интервальный разброс и методы подачи газового реагента, усложняют задачу.

Целью данной работы является внести ясность и последовательность при расчете времени отверждения жидкостекольной формы на примере отливки «Корпус буквы».

«Корпус буквы» является ответственной деталью грузового вагона и относится к 3^й группе по назначению (ГОСТ 977-88), т.е. является отливкой особо ответственного назначения для деталей. Отливка должна выдерживать постоянные сильные удары, большие динамические и статические нагрузки, поэтому отливку «Корпус буквы» предпочтительнее получать в формах из жидкостекольных смесей, а возможное снижение прочности, из-за «передува» смеси, говорит о необходимости подачи углекислого газа за оптимальное время.

Расчет времени отверждения основывается на следующих положениях, что:

- раствор жидкого стекла является молекулярным [8];

- в растворе жидкое стекло находится в виде ди-гидроортоосиликата натрия [8,9];

Сначала необходимо задать определенные характеристики по жидкому стеклу и самой жидкостекольной смеси. Допустим, что в технологическом процессе участвует:

- жидкое стекло состава: $\text{Na}_2\text{O} = 13,0\%$, $\text{SiO}_2 = 32,5\%$, $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$;

- состав жидкостекольной смеси: наполнитель - 100%, жидкое стекло - 5%, глина -4%, NaOH -1% [10];

- газопроницаемость жидкостекольной смеси - $120 \text{ м}^4/\text{Нус}$.

- уплотнение жидкостекольной смеси - $1,65 \text{ кг/м}^3$;

- вес отливки «Корпус буквы» 68,8 кг. (рис.1.).

В одной литевой опоке, размером 1700x950x500 мм. (ГОСТ 977-88), находится 6 отливок (рис.2) с прибылями, по две на каждую отливку, и литниковая питающая система. В нижней полуформе находятся все шесть отливок. Отливка представляет собой цилиндр диаметром $\text{Ш} = 330 \text{ мм}$. и высотой 380 мм., и с минимальной толщиной 10 мм. Внутренняя полость получена тремя стержнями, которые отверждались в стержневых ящиках и при расчете не учитывались, т.е. проставлялись в форму уже готовыми.

В верхней полуформе находятся десять прибылей имеющих форму цилиндра (диаметр $\text{Ш} = 110 \text{ мм}$. и высотой 140 мм.) с полушарием ($R = 48 \text{ мм}$.), литниковый ход и питатели - в сечении трапеция, литниковая чаша - усеченный конус и стояк - цилиндр.

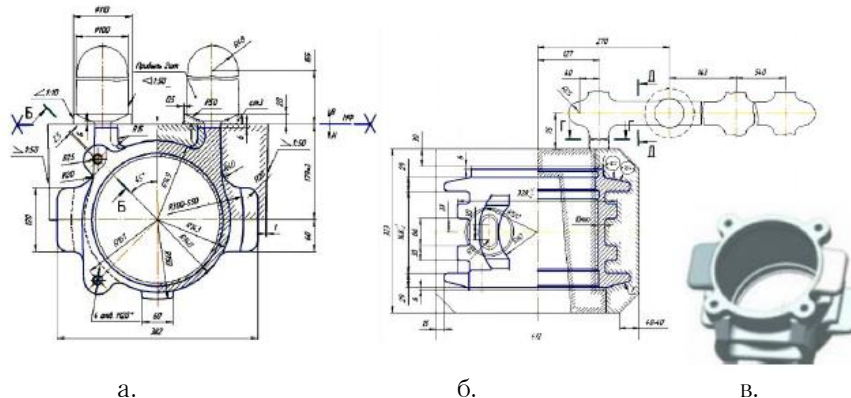


Рис.1. Литая отливка «Корпус буквы»: а. вид сбоку; б. вид сверху; в. общий вид

Все перечисленные фигуры необходимы для расчета площадей формы, через которые будет проходить поток углекислого газа. Для расчета объема

отверждаемой формы взята глубина отверждения 50 мм. Отверждения на эту глубину достаточно при заливке формы, т.к. отливка является тонкостенной.

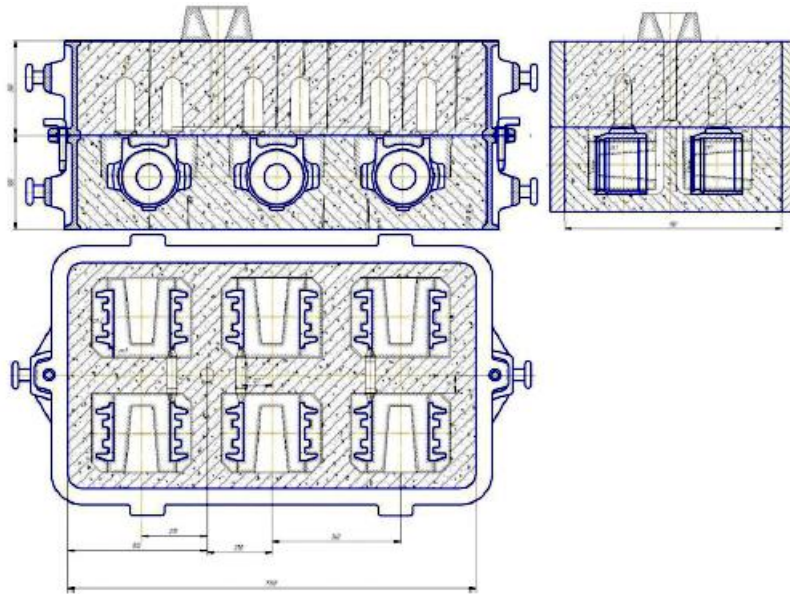
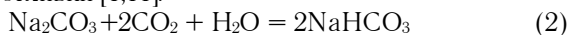


Рис.2. Положение отливок в опоке

Реакция отверждения идет по следующей формуле:



При длительной продувке углекислым газом или «передуву» карбонат натрия переходит в гидрокарбонат натрия по формуле (2), и, как следствие, при его низкой температуре плавления, присутствие гидрокарбоната натрия приводит к снижению прочности отливки [1,11].



Расчет времени продувки начинается с определения содержания дигидроортосиликата натрия ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{SiO}_4$) в одном литре раствора [12] по формулу:

$$C = 10 u(P_1 + P_2 + P_3) u \rho \quad (3)$$

где C – число граммов растворенного вещества в одном литре раствора, г/литр;

P_1 , P_2 и P_3 – процентная концентрация SiO_2 , Na_2O и H_2O , соответственно, %;

ρ – плотность раствора, г/м³ [13].

Для выбранного жидкого стекла находим, что в одном литре содержится дигидроортосиликата натрия находится 585 грамм, в пяти процентной жидкостекольной смеси, с учетом рассчитанных площадей и при толщине отверждения 50 мм., дигидроортосиликата натрия будет:

- для нижней полуформы - 3,45 литра, а уплотненном виде – 5,7 литра, что соответствует 3335 граммам;

- для верхней полуформы - 1,33 литра, а уплотненном виде – 2,2 литра, что соответствует 1280 граммам.

Продувку формы углекислым газом можно производить либо через модель (рис.3а): 1 - шланг с патрубком для подачи газа; 2- модель; 3 – отверждаемый слой формы, 4 и 5 – нижняя и верхняя полуформы [2], либо с зонтом (рис.3б): 1 - шланг с патрубком для подачи газа; 2- зонт; 3 – отверждаемый слой формы, 4 – нижняя полуформа [14].

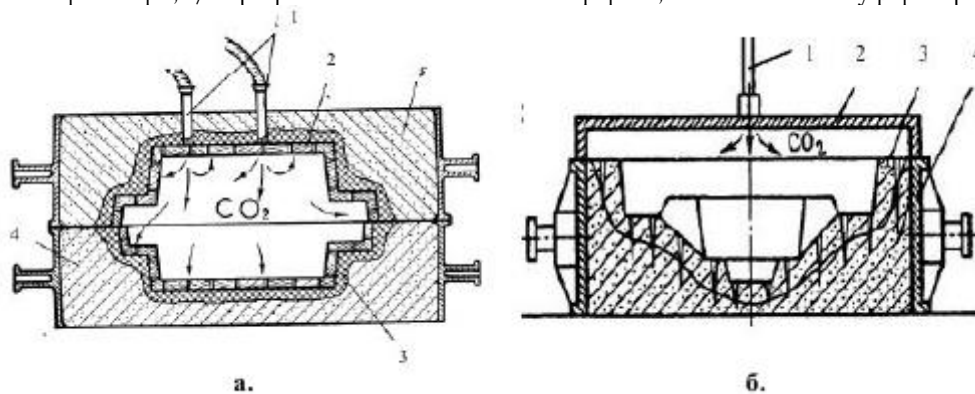


Рис3. Схема продувки формы углекислым газом через модель (а.), (до извлечения модели) и при помощи зонта (б.), (после извлечения модели)

Приведенное выше количество дигидроортосиликата натрия справедливо для продувки газа через модель.

Для продувки газа при помощи зонта необходимо дополнительно учесть объем, образованный площадью расположенной на линии разъема с соответствующей глубиной отверждения. В этом случае

количество дигидроортосиликата натрия дигидроортосиликата натрия будет следующим:

- для нижней полуформы - 0,9 литра, а уплотненном виде – 1,5 литра, что соответствует 3335 граммам;

- для верхней полуформы - 2,9 литра, а уплотненном виде – 4,8 литра, что соответствует 1280 граммам.

Таким образом, при зондовом способе продувки количество дигидроортосиликата натрия будет составлять:

- для нижней полуформы - 4,35 литра, а уплотненном виде – 7,1 литров, что соответствует 3335 грамм;

- для верхней полуформы - 4,23 литра, а уплотненном виде – 7,0 литра, что соответствует 1280 грамм.

Теперь по найденному количеству дигидроортосиликата натрия в форме, при газопроницаемости

120 м⁴/Нус, по формуле (4) можно найти время отверждения:

$$y = 116 - 739,5x_1 - 0,116x_2 + 0,055x_3 \quad (4)$$

где y – время отверждения смеси, с;

x_1 – подаваемое давление (0,1; 0,15; 0,20), МПа;

x_2 – газопроницаемость смеси (120), м⁴/Нус;

x_3 – количество дигидроортосиликата натрия в отверждаемой части формы, гр.

Результаты расчетов сведены в таблицу:

Таблица

Давление, МПа	Продувки газа через модель			Продувки газа при помощи зонта	
	Время отверждения, с. (мин.)				
	Нижняя полуформа	Верхняя полуформа	Форма в сборе	Нижняя полуформа	Верхняя полуформа
0,1	204 (3,4)	91 (1,5)	295 (5)	250 (4,2)	246 (4,1)
0,15	175 (3,0)	62 (1,0)	237 (4)	220 (3,7)	217 (3,6)
0,2	138 (2,3)	35 (0,5)	173 (3)	184 (3,1)	180 (3)

По полученным данным можно судить, что оптимальное время продувки формы под отливку «Корпус буквы» обоими способами подачи углекислого газа варьирует в пределах 3 ч 5 минут, но если продувка газа через модель производится при собранной форме, то продувка газа с зонтом требует продувку как верхней, так и нижней полуформ, и, таким образом, затраты на объем продуваемого газа вдвое больше.

При давлении 0,1 МПа время продувки больше, и, как следствие, происходит повышенный расход газа.

Приведенный расчет является примером последовательности расчета времени отверждения жидкостекольной формы. В конкретных случаях необходимо вносить свои конкретные параметры: способ подачи углекислого газа, определенная литейная отливка, параметры опоки, химический состав жидкого стекла, состав формовочной жидкостекольной смеси и свойства этой смеси.

Литература:

1. Жуковский С. С. Технология литейного производства: формовочные и стержневые смеси. – Брянск: Издательство БГТУ, 2002.- 469 с.
2. Денисов, И. С. Литейные формы и их сборка: Учеб. пособ. для проф.-тех. уч-щ / И. С. Денисов. – М.: Высшая школа, 1970. – 256 с.
3. Справочник по чугуному литью / Под ред. д-ра техн. наук проф. Н. Г. Гиршовича. – 2-е изд., перераб. и доп. - Москва; Ленинград: Машгиз. [Ленингр. отд-ние], 1960. – 800с.
4. Кукуй, Д.М. Теория и технология литейного производства / Д.М. Кукуй, В.А. Скворцов, В.Н. Эскетова. -Мн.: Дизайн ПРО, 2000.– 416 с.
5. Матвеев М. А., Рабухин А. И., О строении жидких стекол, «Журнал Всес. хим. об-ва», 1963, т. 8, № 2, с. 205- 211
6. Вопросы теории литейных процессов: научное издание. - М.: Машгиз, 1960. – 694 с.
7. Фирстов А.П. Оптимизация расхода углекислого газа про СО₂-процессе / А.П. Фирстов, Литейщик России. 2019. № 3. С. 31–35.
8. Айлер Р. Химия кремнезема / Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. ч. 1. – 416 с.
9. Фирстов А.П. Исследование структуры щелочных силикатов титриметрическим методом / А.П. Фирстов, Литейщик России. 2014. № 4. С. 35–38.
10. Голотенков О.Н. Формовочные материалы: Учеб. пособие.– Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004.–164 с.
11. Гуляев Б.Б. Формовочные процессы / Б.Б. Гуляев, О.А. Корнюшкин, А.В. Кузин – Л. Машиностроение, Ленингр. Отделение. 1987 – 264 с.
12. Рачинский Ф. Ю. Техника лабораторных работ / Ф. Ю. Рачинский, М. Ф. Рачинская. – Л.: Химия, 1982. – 432 с.
13. Васин Ю.П. Номограмма для определения свойств жидкого стекла по химическому составу. / Передовой научно-технический и производственный опыт. М.: ГОСИНТИ, 1066. № 2-66-840/101. – 119с.
14. Технология конструкционных материалов. Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. М. Дальский, И. А. Арутюнова, Т. М. Барсукова и др.; Под ред. А. М. Дальского, 5-е изд. — М.: Машиностроение, 2004. — 512 с.