

А. М. Каратеев¹, д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой

О. И. Пономаренко¹, д-р техн. наук, профессор

Т. В. Берлизева¹, канд. техн. наук, ассистент, e-mail: berlizeva.tatyana@gmail.com

О. С. Калкаманова², канд. хим. наук, науч. сотр. лаборатории

В. В. Юрченко¹, магистр

¹Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

²ГУ Государственный научно-исследовательский и проектный институт основной химии, Харьков

Опыт и перспективы использования смесей на основе жидкого стекла с эфирными отвердителями

Приведена технология изготовления отливок с использованием жидкого стекла и жидких отвердителей, таких как ацетаты этиленгликоля, триацетин с фурфуроловым спиртом и фурфурилоксипропилциклокарбонаты. Были определены основные физико-механические свойства смесей с данными добавками, такие как прочность на сжатие, живучесть, осыпаемость, газопроницаемость, остаточная прочность.

Ключевые слова: *холоднотвердеющая смесь, жидкое стекло, ацетаты этиленгликоля, фурфурилоксипропилциклокарбонаты, триацетин с фурфуроловым спиртом.*

Состояние вопроса и постановка проблемы.

В современном литейном производстве существует большое количество способов изготовления форм и стержней с применением многочисленных составов смесей. Одними из самых распространенных являются холоднотвердеющие смеси (ХТС). В зависимости от природы связующего холоднотвердеющие смеси можно подразделить на смеси с органическими (ЛСТ, смолы и др.) и неорганическими (жидкое стекло, фосфаты и др.) связующими [1].

Одним из часто используемых способов является процесс изготовления стержней и форм на жидком стекле (ЖС), а технологии их получения применяются на многих предприятиях. Это обусловлено тем, что жидкое стекло является доступным, недорогим и нетоксичным связующим. Использование в качестве связующего ЖС для изготовления формовочных и стержневых смесей позволяет получать более прочные формы, снизить металлоемкость отливок за счет получения более тонкостенных изделий и повысить качество отливок.

Эти смеси в зависимости от характера отверждения можно подразделить на смеси с отвердителем, вводимым вместе со связующим при их приготовлении, и смеси, отверждаемые продувкой газообразным отвердителем при или после заполнения ими оснастки и их уплотнении [1].

Главным недостатком при использовании жидкостекляных холоднотвердеющих смесей, отверждаемых CO_2 , SO_2 или тепловой сушкой, является образование при температуре более 700°C легкоплавких силикатов, которые приводят к спеканию смесей и к повышению их остаточной прочности и ухудшению выбиваемости [2].

Выбиваемость жидкостекляных смесей зависит от содержания жидкого стекла и его модуля. С повышением содержания жидкого стекла и снижением

его модуля (вследствие увеличения жидкой фазы при нагреве) выбиваемость ухудшается. На выбиваемость жидкостекляных смесей влияет не только температура прогрева формы, но и усадка отливки. Поскольку усадка стали больше, чем чугуна, выбиваемость стержней у стальных отливок в 1,5–1,6 раза хуже, чем у чугунных [3].

Уменьшение количества жидкого стекла в формовочной смеси является самым простым и экономически выгодным способом. Однако в большинстве случаев такая технологическая реализация приводит к ухудшению свойств самой формовочной смеси.

Одним из способов улучшения выбиваемости формовочных и стержневых смесей является процесс использования сложных эфиров совместно с ЖС [4].

Поэтому разработка и внедрение в производство новых комплексных добавок для ХТС на ЖС, регулирующих прочностные свойства смесей, является актуальной задачей литейного производства.

Целью исследований является разработка эффективных составов жидкостекляных формовочных и стержневых смесей с комплексными добавками, которые позволяют повысить прочность форм и стержней на этапе их приготовления, при сохранении основных свойств смесей, таких как живучесть, газотворность, газопроницаемость, осыпаемость, и способствуют разупрочнению смеси после заливки металлом и их охлаждению.

Методика определения физико-механических свойств смесей. При проведении экспериментов использовали жидкое стекло с модулем 2,36 и плотностью $1,47\text{ г/см}^3$. В качестве наполнителя формовочных смесей применяли кварцевый песок марки 2К1О102 ГОСТ 2138-91.

В работе исследовались такие свойства, как прочность на сжатие, живучесть, выбиваемость, осыпаемость и газопроницаемость.

Формовочные материалы должны обладать свойствами, отвечающими определенным формовочной или стержневой смеси; условиям выбивки форм и удаления; технологии изготовления форм и стержней; условиям взаимодействия формы с жидким металлом при заливке формы, затвердевании и охлаждении отливки; технологии приготовления стержней.

Механические свойства определяют прочностные характеристики литейной формы в период ее изготовления, а также при ее заливке сплавом и затвердевании отливки.

Испытания прочности на сжатие смесей проводились в соответствии с ГОСТ 23409.7 – 78 (прочность в «сыром» состоянии) и ГОСТ 23402.9 – 78 (прочность в «сухом» состоянии). Для этого использовали установку для определения предела прочности формовочных и стержневых смесей мод. 04116У с приспособлением для сжатия сухих образцов до 15 МПа, изготовленной УкрНИИЛитмаш по специальному заказу НТУ «ХПИ».

Технологические свойства характеризуют условия получения качественных форм и стержней, а также условия изготовления отливок с наименьшей трудоемкостью и высоким качеством поверхности (без трещин и засоров).

Исходные материалы должны обеспечивать технологические свойства смесей на жидкостекольных связующих, такие как живучесть, осыпаемость и выбиваемость.

Живучесть самотвердеющих смесей является основным параметром, ограничивающим цикл производства стержней и литейных форм. За показатель живучести холоднотвердеющих смесей обычно принимали продолжительность периода времени (в минутах), по прошествии которого значение ее прочности снижалось на 30 % от максимального.

Осыпаемость формовочных и стержневых смесей в соответствии с ГОСТ 23409.9–78 определяли на стандартных цилиндрических образцах диаметром и высотой 50 мм. Образцы подвергали испытанию в сухом состоянии. Оценку осыпаемости смеси производили по величине потери массы стандартным образцом, помещенным во вращающийся сетчатый барабан, при этом величину осыпаемости выражали в процентах.

Под выбиваемостью смеси понимают степень сложности удаления стержней из отливок и отливок из форм. Одним из самых простых и доступных методов количественной оценки выбиваемости, используемой в данной работе, являлось определение остаточной прочности нагретых и охлажденных стандартных образцов. Суть метода заключается в следующем: изготовленные стандартные цилиндрические образцы выдерживаются в течение 24 часов, после чего их помещают в муфельную печь и выдерживают при температуре 800 °С в течение 1 часа. Затем их охлаждают и испытывают на прочность. Разница показаний прочностных характеристик образцов, которые выдерживались 24 часа, и образцов, подвергнутых тепловой обработке, косвенно характеризует параметр выбиваемости отливок.

Гидравлические свойства смесей определяют в основном условия газообразования и удаления газообразных продуктов из полости формы при заливке сплавом, теплофизические свойства – условия протекания тепловых процессов при затвердевании отливки в форме.

Газопроницаемость – свойство разных пористых материалов, которое характеризуется способностью пропускать через себя газы и является одним из важнейших свойств формовочных и стержневых смесей. При недостаточной газопроницаемости смесей усложняется удаление газообразных продуктов из полости литейной формы в период ее заливки.

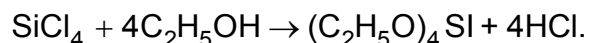
Определение газопроницаемости формовочных и стержневых смесей проводили путем продувки воздуха через стандартный образец, изготовленный из испытанной формовочной или стержневой смеси (ГОСТ 23409.12-78).

Результаты исследований. Для исследования эффективности смесей на жидком стекле с эфирными добавками проведено три серии экспериментов.

Первая серия была проведена с целью установления физико-механических свойств смесей на основе ацетатов этиленгликоля (АЦЕГ). В качестве основы эфирных отвердителей использовали моноацетаты этиленгликоля (МАЭГ) и диацетаты этиленгликоля (ДАЭГ) [4].

В состав МАЭГ и ДАЭГ добавляли этиленгликоль (ЭГ), тэтраэтоксисиланы (ТЭОС), этилсиликат (ЭС-40) в количестве до 10 %. ТЭОС и ЭС-40 являются кремнийорганическими соединениями. Они также могут выступать в роли отвердителей ЖС при использовании минимальных доз катализаторов аминного типа, ускоряющих гидролиз силоксанов в щелочной среде с выделением кремневой кислоты. Этиловый эфир ортокремниевой кислоты $(C_2H_5O)_4Si$, называемый также тэтраэтоксисиланом, является продуктом реакции этилового спирта с тетрахлоридом кремния.

Эту реакцию можно записать следующим образом:



Растворы этилсиликата и тетраэтоксисилана являются коллоидными растворами – золь, который переходит в гель кремниевой кислоты, связывающий песчинки.

Добавки ЭГ, ТЭОС и ЭС-40 вводили в разных количествах. Количество ЭГ варьировали от 5 до 10 %мас. от количества отвердителя МАЭГ, а ТЭОС и ЭС-40 – от 1 до 3 %мас. от количества отвердителя МАЭГ и ДАЭГ.

Смесь готовили следующим образом: на 100 %мас. кварцевого песка добавляли 0,4–0,6 %мас. эфирных отвердителей с добавками, перемешивали в течение 3 минут, а затем вводили 4 %мас. натриевого жидкого стекла и перемешивали еще 2 минуты.

В работе были исследованы 19 составов смесей с жидким стеклом на основе эфирных отвердителей с добавками. Анализ данных по прочности на сжатие образцов показал, что самые высокие показатели

прочности на сжатие достигаются в ХТС на жидком стекле с отвердителями следующих составов:

- 1) ДАЭГ – 91 %мас. с ЭГ – 9 %мас. и
- 2) МАЭГ – 98 %мас. с ТЭОС – 2 %мас.

Прочность на сжатие смесей с отвердителями первого состава составляет: через 1 час – 0,8 МПа, через 3 часа – 1,2 МПа; для второго состава – через 1 час – 1,0 МПа, через 3 часа – 1,4 МПа [5–7].

При использовании исследуемых эфирных отвердителей с добавками остаточная прочность снижается в 1,4–1,6 раза и составляет 3–5 МПа. Для исследуемых образцов осыпаемость через 24 часа составляла $\leq 0,15$ %, газопроницаемость – более 120 ед. Результаты исследований показали, что живучесть смесей с использованием жидких отвердителей изменялась в широких пределах и составляла от 8 до 50 мин.

Применение сложных эфиров позволяет уменьшить расход жидкого стекла, повысить качество смесей, а также снизить остаточную прочность форм и стержней и уменьшить брак отливок.

В работах авторов [8–10] были исследованы физико-механические свойства смесей и установлена эффективность ввода в смесь на ЖС с добавками триацетина.

Для второй серии экспериментов была предложена добавка, в которую помимо триацетина (ТАЦ) вводили некоторое количество фурфурилового спирта (ФС).

Смесь готовили следующим образом: на 100 %мас. кварцевого песка добавляли 0,4 %мас. жидкой добавки триацетина с фурфуроловым спиртом (ТАЦ с ФС) в соотношении 1:1, перемешивали в течение 3 минут, а затем вводили 4 %мас. натриевого жидкого стекла и перемешивали еще 2 минуты.

Отверждение смеси, содержащей в своем составе ТАЦ с ФС, происходит по реакциям, представленным на рис. 1.

Отверждение композиции начинается с гидролиза жидкого стекла с последующим выделением углусной кислоты и образованием кремневой кислоты и ее конденсацией в гель. При добавлении в смесь

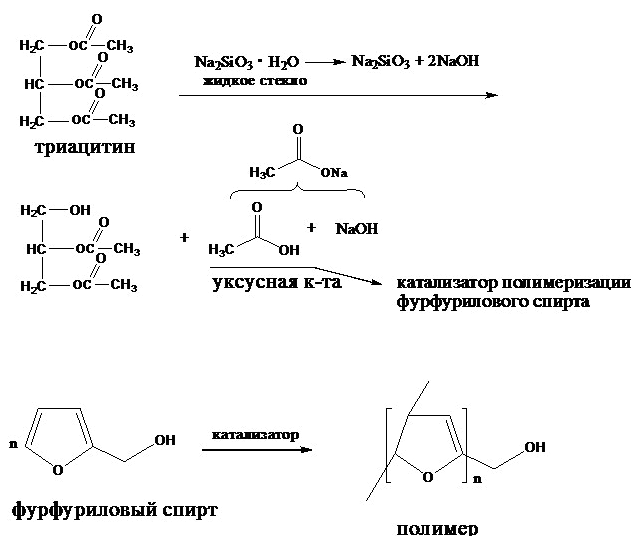


Рис. 1. Схема отверждения смеси, содержащей в своем составе ТАЦ с ФС

фурфурилового спирта образуется трехмерный полимер. После заливки металлом полимерная сетка, образованная спиртом, частично разрушается, понижая остаточную прочность смеси.

Показатели прочности на сжатие составляют через 1 час – 1,08-1,3 МПа; через 3 часа – 1,40-1,85 МПа; через 24 часа – 2,57-3,34 МПа. Показатели живучести – 9-30 мин., осыпаемости – 0,1-0,5 %, остаточной прочности – 1,04-3,42 МПа [11].

В результате исследований прочностных показателей холоднотвердеющих смесей со специальной добавкой на основе триацетина с фурфуроловым спиртом (ТАЦ с ФС) установлено, что ее использование позволяет повысить прочность на сжатие смесей через 1 час по сравнению со смесями, в состав которых входит МАЭГ и ДАЭГ.

Для третьей серии экспериментов была предложена, полученная в НТУ «ХПИ» новая универсальная добавка – фурфурилоксипропилциклокарбонатов (ФОПЦК) на основе сырья растительного происхождения (Патент Украины UA № 95138).

Универсальная добавка ФОПЦК является экологически безопасным материалом, так как при заливке металла в форму в результате термохимической деструкции ФОПЦК разлагается и выделяет в объеме сформированной композиции CO_2 и пары воды в окружающую среду.

Схема процесса отверждения смесей на жидком стекле с ФОПЦК представлена на рис. 2.

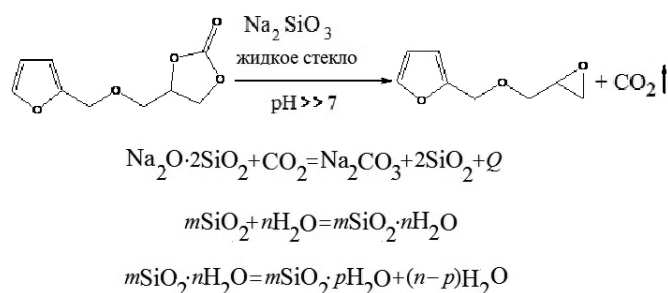


Рис. 2. Схема процесса отверждения смесей на жидком стекле с ФОПЦК

ФОПЦК в щелочной среде ($\text{pH} \gg 7$) разлагается с выделением CO_2 . Происходит гидролиз ЖС с последующим выделением угольной кислоты и образованием геля кремневой кислоты, которая связывает зерна песка.

В результате проведения экспериментов были определены основные свойства свойств ХТС на ЖС с использованием ФОПЦК: прочность на сжатие, живучесть, газотворность, газопроницаемость, осыпаемость и выбиваемость, от которых зависит качество отливок при литье в песчаные формы [12].

Показатели прочности на сжатие по технологической пробе, в среднем, составляют: через 1 час – 1,8-2,0 МПа; через 3 часа – 2,5-3,0 МПа; через 24 часа – 3,5-4,0 МПа. Живучесть смеси находится в пределах 10–20 мин. Осыпаемость смесей находится в пределах 0,1–0,24 %, газопроницаемость > 400 ед., остаточная прочность – 0,74-2,06 МПа [12].

Прочность на сжатие смесей на жидком стекле с различными эфирными отвердителями на основе проведения всех экспериментов представлена в виде зависимостей на рис. 3.

Представленные зависимости в общем виде могут быть описаны степенной функцией $y = ax^n$ и представлены в виде математических зависимостей, имеющих вид параболы n -ого порядка, при $n < 1$.

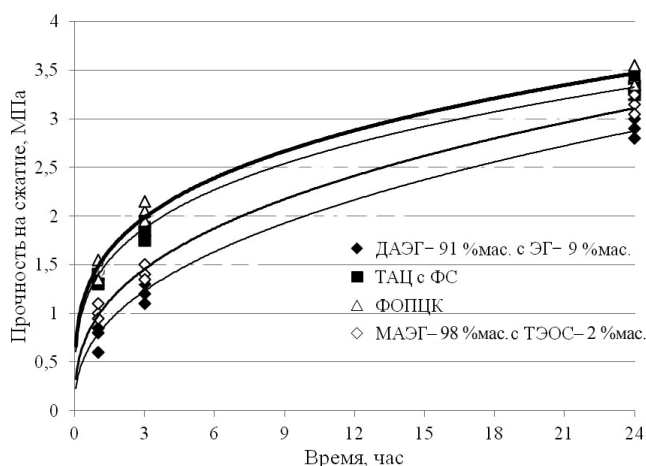


Рис. 3. Прочность на сжатие смесей на ЖС с различными эфирными отвердителями

В табл. 1 приведены математические зависимости нарастания прочности смеси во времени и величины достоверности аппроксимации R^2 , y – прочность смеси на сжатие, МПа, x – время, час.

Математические зависимости прочности смеси на сжатие хорошо коррелируют с величиной достоверности аппроксимации.

При проведении экспериментов особое внимание было уделено выбиваемости смесей (остаточной прочности), так как процесс выбивки является наиболее тяжелой по своим санитарно-гигиеническим условиям операцией из всего цикла изготовления отливок, который сопровождается большим пыле-, газо-, тепловыделением и высоким уровнем шума.

В работе для определения количественной оценки выбиваемости использовали метод остаточной прочности нагретых и охлажденных стандартных образцов.

На рис. 4 приведена остаточная прочность смесей с различными отвердителями.

Таблица 1

Математические зависимости нарастания прочности смеси на основе ЖС с АЦЕГ

Состав отвердителей на основе эфирных отвердителей	Математические зависимости прочности смеси	Величина достоверности аппроксимации R^2
ДАЭГ – 91 %мас. с ЭГ – 9 %мас.	$y = 0,786 x^{0,407}$	$R^2 = 0,998$
МАЭГ – 98 %мас. с ТЭОС – 2 %мас.	$y = 0,974 x^{0,364}$	$R^2 = 0,996$
ТАЦ с ФС	$y = 1,387 x^{0,275}$	$R^2 = 0,999$
ФОПЦК	$y = 1,408 x^{0,267}$	$R^2 = 0,995$

В табл. 2 представлены характеристики смесей на основе добавок, исследованных в данной работе.

Анализ сравнительных характеристик показал, что в данное время наиболее перспективным является использование в смесях с жидким стеклом специальной добавки ТАЦ с ФС и универсальной добавки ФОПЦК.

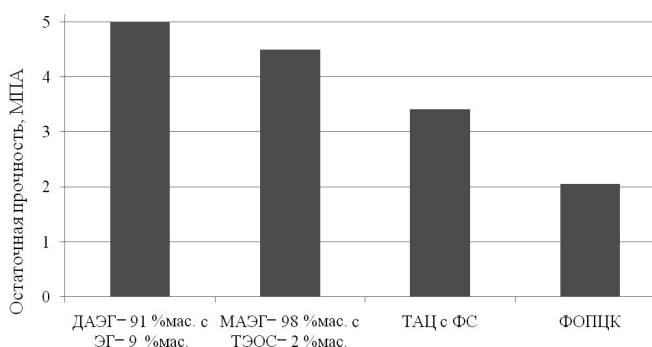


Рис. 4. Остаточная прочность для смесей на ЖС с различными эфирными отвердителями

Выводы

Экспериментально определены и установлены закономерности нарастания прочности на сжатие смеси с использованием эфирных отвердителей и технологических добавок: моноацетат этиленгликоль (МАЭГ), диацетат этиленгликоль (ДАЭГ), этилсиликат (ЭС-40), этиленгликоль (ЭГ), тэтраэтоксисилан (ТЭОС).

Предложена и апробирована специальная добавка для ХТС на жидком стекле на основе триацетина с фурфуроловым спиртом (ТАЦ с ФС), которая позволяет повысить прочность на сжатие через 1 час по сравнению с МАЭГ и ДАЭГ. Остаточная прочность смеси после заливки металлом и охлаждения была снижена в 4–6 раз по сравнению с CO_2 процессом.

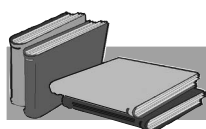
Разработана новая универсальная добавка для ХТС на ЖС на основе фурфурилоксипропилциклокарбонатов, которая позволяет повысить прочность форм и стержней на этапе их приготовления и способствует разупрочнению смеси после заливки металлом и их охлаждении. Универсальная добавка ФОПЦК является экологически безопасным материалом, так как при заливке металла в форму в результате термической деструкции ФОПЦК разлагается и выделяет в объеме сформированной композиции CO_2 и пары воды в окружающую среду (Патент Украины UA № 95138).

Определены основные свойства ХТС на ЖС с использованием универсальной добавки ФОПЦК: прочность, живучесть, газотворность, газопроницаемость, осыпаемость, влажность и остаточная прочность, от которых зависит качество отливок при литье в песчаные формы.

Использование жидких эфирных добавок уменьшает расход жидкого стекла до 2,5–4 % и тем самым в 1,5–2 раза улучшает выбиваемость форм и стержней. Эффективными являются смесевые добавки эфиров, состоящие из 2–3 наименований, специальная добавка ТАЦ с ФС и универсальная добавка ФОПЦК.

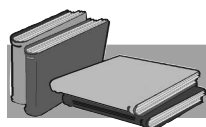
Физико-механические и технологические свойства смесей на жидком стекле с добавками

Параметр	Единица измерения	Добавка		
		АЦЕГ	ТАЦ с ФС	ФОПЦК
Массовое соотношение в смеси	Жидкое стекло/ добавка	4,0/(0,4–0,6)	4,0/(0,5–3,0)	4,0/(0,3–0,4)
Живучесть	мин	8–50	10–20	12–25
Осыпаемость	%	≤ 0,15	0,1–0,5	0,066–0,13
Газотворная способность	см ³ /г	13–16	менее 10,5	4,9–7,4
Газопроницаемость	ед.	более 120	более 120	450–500
Прочность на сжатие 1 час 3 часа 24 часа	МПа	0,45–1,1	1,08–1,3	1,27–1,45
		0,95–1,4	1,40–1,85	1,73–2,05
		1,90–2,5	2,57–3,34	2,14–3,43
Остаточная прочность	МПа	3,0–5,0	1,05–3,42	0,74–2,06
Условная стоимость		1,1	1,3–1,4	1,1



ЛИТЕРАТУРА

1. Кукуй Д. М., Скворцов В. А., Эктова В. К. Теория и технология литейного производства. – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 416 с.
2. Дорошенко С. П., Авдокушин В. П., Русин К. Формовочные материалы и смеси. – К.: Вища школа, 1990. – 415 с.
3. Болдин А. Н., Давыдов Н. И., Жуковский С. С. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия: справочник. – М.: Машиностроение, 2006. – 507 с.
4. Борсук П. А. Экологически чистые ХТС с улучшенной выбиваемостью // Литейное производство. – 1993. – № 12. – С. 13–14
5. Тепляков С. Д., Сафронов В. А. Жидкие отвердители бинарного состава для жидкостекольных ХТС // Литейное производство. – 1989. – № 4. – С. 7–8.
6. Жуковский С. С., Сафронов В. А., Тепляков С. Д., Задов А. Е., Муравьева Т. С. Методы регулирования остаточной прочности жидкостекольной ХТС с ацетатами этиленгликоля // Литейное производство. – 1990. – № 4. – С. 12–14.
7. Пономаренко О. И., Евтушенко Н. С., Берлизова Т. В. Влияние жидких отвердителей с разными добавками на свойства жидкостекольных смесей // Литейное производство. – 2011. – № 4. – С. 21–24.
8. Щетинин А. А., Аммер В. А., Турищев Ю. Ю. Преимущества и перспективы применения холоднотвердеющих смесей при изготовлении ответственных и высоконагруженных отливок для авиационной промышленности // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2017. – № 3 (13). – С. 68–70.
9. Борсук П. А., Игнатъев В. Н. Жидкостекольные смеси с жидкими отвердителями // Литейное производство. – 1982. – № 8. – С. 18–20.
10. Никифоров А. П. Жидкий отвердитель для самотвердеющих жидкостекольных смесей // Литейное производство. – 1988. – № 8. – С. 26–27.
11. Берлизова Т. В., Пономаренко О. И. Исследование влияния комплексной разупрочняющей добавки на свойства холоднотвердеющих смесей на жидком стекле // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – № 4. – С. 27–30.
12. Берлизова Т. В. Использование холоднотвердеющих смесей на жидком стекле с применением циклокарбонатов // Вестник НТУ «ХПИ». – 2013. – № 42 (1015). – С. 21–26



REFERENCES

1. Kukui, D.M., Skvortsov, V.A., Ektova, V.K. (2000). Teoriia i tekhnologiiia liteinogo proizvodstva [Theory and technology of foundry]. Minsk: Dizain PRO, 416 p. [in Russian].
2. Doroshenko, S.P., Avdokushin, V.P., Rusin, K. (1990). Formovochnye materialy i smesi [Molding materials and mixtures]. Kyiv: Vishcha shkola, 415 p. [in Russian].
3. Boldin, A.N., Davydov, N.I., Zhukovskii, S.S. (2006). Liteinye formovochnye materialy. Formovochnye, stержnevye smesi i pokrytiia: spravochnik. [Foundry molding materials. Molding, core mixtures and coatings: handbook]. Moscow: Mashinostroenie, 507 p. [in Russian].

4. Borsuk, P.A. (1993). Ekologicheskii chistyie KHTS s uluchshennoi vybivaemost'iu [Ecological clean, cold-hardening mixtures with improved punchability]. Liteinoe proizvodstvo, no. 12, pp. 13–14 [in Russian].
5. Teplakov, S.D., Safronov, V.A. (1989). Zhidkie otverditeli binarnogo sostava dlia zhidko-stekolnykh KHTS [Liquid hardeners of binary composition for liquid-glass cold-hardening mixtures]. Liteinoe proizvodstvo, no. 4, pp. 7–8 [in Russian].
6. Zhukovskii, S.S., Safronov, V.A., Teplakov, A.E., Zadov, A.E., Murav'eva, T.S. (1990). Metody regulirovaniia ostatechnoi prochnosti zhidkostekolnoi KHTS s atsetatami etilenglikolia [Methods for controlling the residual strength of a liquid-glass cold-hardening mixture with ethylene glycol acetates]. Liteinoe proizvodstvo, no. 4, pp. 12–14 [in Russian].
7. Ponomarenko, O.I., Evtushenko, N.S., Berlizeva, T.V. (2011). Vliianie zhidkikh otverditelei s raznymi dobavkami na svoistva zhidkostekol'nykh smesei [Effect of liquid hardeners with different additives on the properties of liquid-glass mixtures]. Liteinoe proizvodstvo, no. 4, pp. 21–24 [in Russian].
8. Shchetinin, A.A., Ammer, V.A., Turishchev, Yu. Yu. (2017). Preimushchestva i perspektivy primeneniia kholodnotverdeishchikh smesei pri izgotovlenii otvetstvennykh i vysokonagruzhennykh otlivok dlia aviatsionnoi promyshlennosti [Advantages and prospects of using cold-hardening mixtures in the manufacture of critical and highly loaded castings for the aircraft industry]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, no. 3 (13), pp. 68–70 [in Russian].
9. Borsuk, P.A., Ignat'ev, V.N. (1982). Zhidkostekol'nye smesi s zhidkimi otverditeliami [Liquid-glass mixtures with liquid hardeners]. Liteinoe proizvodstvo, no. 8, pp. 18–20 [in Russian].
10. Nikiforov, A.P. (1988). Zhidkii otverditel' dlia samotverdeishchikh zhidkostekol'nykh smesei [Liquid hardener for self-hardening liquid-glass mixtures]. Liteinoe proizvodstvo, no. 8, pp. 26–27 [in Russian].
11. Berlizeva, T.V., Ponomarenko, O.I. (2014). Issledovanie vliianiia kompleksnoi razuprochniayushchei dobavki na svoistva kholodnotverdeishchikh smesei na zhidkom stekle [Investigation of the effect of a complex softening additive on the properties of cold-hardening mixtures on liquid glass]. Metallurgicheskai i gornorudnaia promyshlennost', no. 4, pp. 27–30 [in Russian].
12. Berlizeva, T.V. (2013). Ispol'zovanie kholodnotverdeishchikh smesei na zhidkom stekle s primeneniem tsiklokarbonatov [The use of cold-hardening mixtures on a liquid glass using cyclocarbonates]. Vestnik NTU «KHPI», no. 42 (1015), pp. 21–26 [in Russian].

Аноація

А. М. Каратєєв¹, д-р хім. наук, проф., зав. кафедри; **О. І. Пономаренко**¹, д-р техн. наук, професор; **Т. В. Берлізева**¹, канд. техн. наук, асистент, e-mail: berlizeva.tatyana@gmail.com; **О. С. Калкаманова**², канд. хім. наук, наук. співр. лабораторії; **В. В. Юрченко**¹, магістр

¹Національний технічний університет «ХПІ», Харків

²ДУ Державний науково-дослідний і проектний інститут основної хімії, Харків

Досвід та перспективи використання сумішей на основі рідкого скла з ефірними затверджувачами

Наведено технологію виготовлення виливків із застосуванням рідкого скла та рідких затверджувачів, таких як ацетати етиленгліколю, триацетин з фурфуроловим спиртом і фурфурилоксипропилциклокарбонати. Було визначено основні фізико-механічні властивості сумішей з даними добавками, такі як міцність на стиск, живучість, обсіпальність, газопроникність, залишкова міцність.

Ключові слова

Холоднотвердіюча суміш, рідке скло, ацетати етиленгліколю, фурфурилоксипропилциклокарбонати, триацетин з фурфуроловим спиртом.

Summary

A. M. Karateev¹, Doctor of Chemical Sciences, Prof., Head of Department
O. I. Ponomarenko¹, Doctor of Engineering Sciences, Professor
T. V. Berlizeva¹, Candidate of Engineering Sciences, Assistant, e-mail:
berlizeva.tatyana@gmail.com; **O. S. Kalkamanova**², Candidate of Chemical
Sciences, Laboratory Researcher; **V. V. Yurchenko**¹, master

¹National Technical University "KhPI", Kharkov

²State institution State Research and Design Institute of Basic Chemistry,
Kharkov

Experience and prospects of using mixtures based on a liquid glass with ethereal hardeners

A technology for manufacturing castings based on liquid glass using liquid hardeners such as ethylene glycol acetates, triacetin with furfuryl alcohol and furfuryloxypropyl cyclocarbonates is given. The main physico-mechanical properties of mixtures with these additives were determined, such as compressive strength, survivability, scattering, gas permeability, residual strength.

Keywords

Cold-hardening mixture, liquid glass, ethylene glycol acetates, furfuryloxypropyl cyclocarbonates, triacetin with furfuryl alcohol.

Поступила 25.03.18