



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-3-36-40>
УДК 621.74

Поступила 15.08.2023
Received 15.08.2023

ВЛИЯНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ ПО COLD-BOX-AMINE-ПРОЦЕССУ

С. В. КОРЕНЮГИН, С. Л. РОВИН, Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: foundry@bntu.by, тел.: +375 (017) 293-92-04

В статье представлен анализ влияния различных специальных добавок на физико-механические свойства песчано-смоляных смесей, используемых для изготовления стержней по cold-box-amine-процессу. Исследовали две группы добавок, оказывающих наиболее существенное влияние на теплопроводность смесей: добавки, содержащие металлы или их оксиды и углеродсодержащие добавки и композиты. Определяли влияние указанных добавок на прочность смесей в отвержденном состоянии на растяжение, на их газотворность и газопроницаемость. Полученные результаты сравнивали с характеристиками эталонной смеси, изготовленной без использования добавок.

Ключевые слова. Песчано-смоляные смеси, специальные добавки, cold-box-amine-процесс, прочность при растяжении, газотворность, газопроницаемость, литейные дефекты, просечка.

Для цитирования. Коренюгин, С. В. Влияние специальных добавок на физико-механические свойства смесей, используемых для изготовления стержней по cold-box-amine-процессу / С. В. Коренюгин, С. Л. Ровин // Литье и металлургия. 2023. № 3. С. 36–40. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-3-36-40>.

THE EFFECT OF SPECIAL ADDITIVES ON THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF MIXTURES USED FOR THE MANUFACTURE OF CORES BY THE COLD-BOX-AMINE-PROCESS

S. V. KORENIUGIN, S. L. ROVIN, Belarusian National Technical University,
Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosty Ave. E-mail: foundry@bntu.by, tel.: +375 (017) 293-92-04

The article presents an analysis of the effect of various special additives on the physical and mechanical properties of sand-resin mixtures used for the manufacture of cores by the cold-box-amine process. Two groups of additives that have the most significant effect on the thermal conductivity of mixtures were studied: additives containing metals or their oxides and carbon-containing additives and composites. The influence of these additives on the tensile strength of the mixtures in the cured state, on their gas content and gas permeability was determined, the results obtained were compared with the characteristics of the reference mixture made without the use of additives.

Keywords Sand-resin mixtures, special additives, cold-box-amine- process, tensile strength, gas content, gas permeability, casting defects, finning.

For citation. Koreniugin S. V., Rovin S. L. The effect of special additives on the physico-mechanical properties of mixtures used for the manufacture of cores by the cold-box-amine- process. Foundry production and metallurgy, 2023, no. 3, pp. 36–40. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-3-36-40>.

Введение

Одним из наиболее распространенных способов изменения тех или иных технологических свойств формовочных и стержневых смесей является введение в их состав специальных добавок. Составы некоторых современных смесей включают в себя более десятка различных компонентов. В то же время, как правило, введение добавок приводит к изменению не только определенного технологического свойства, но влечет за собой изменение и базовых физико-химических свойств смеси, таких, как прочность, уплотняемость, газопроницаемость, газотворность и др., которые не менее значимы для получения качественной бездефектной отливки [1].

Таким образом, важнейшая задача при синтезе новых составов формовочных и стержневых смесей, вводя добавки, улучшающие формуемость смеси, ее противопригарные свойства, снижающие

остаточную прочность, изменяющие ее теплопроводность и т.д., не забывая о необходимости обеспечивать сохранение требуемого уровня базовых свойств.

Одними из наиболее популярных стержневых смесей сегодня являются смеси на фенолформальдегидных связующих, отверждаемые газообразными катализаторами. Стержни, получаемые по технологии cold-box-amine-процесс, составляют сегодня не менее 75% от общего количества стержней, используемых в массовом и серийном производстве фасонных отливок.

Применение cold-box-amine-процесса обеспечило возможность стабильного получения ажурных тонкостенных стержней, обладающих высокой прочностью, геометрической точностью и качеством поверхности, позволило практически полностью исключить дефекты отливок, связанные с недостаточной объемной или поверхностной прочностью стержней, такие, как несоответствие по геометрии, засоры, песчаные раковины, стержневые заливы и т.п. [2].

В то же время высокая прочность смесей, отверждаемых полиаминами, их низкая податливость и теплопроводность влекут за собой вероятность возникновения дефектов, связанных с внутренними напряжениями в теле отливок и образованием просечек. Для предотвращения указанных дефектов, помимо подбора противопригарных красок, сегодня чаще всего используют введение в состав смеси специальных добавок, которые обеспечивают снижение остаточной прочности, повышение податливости смеси, а также изменение ее теплопроводности [3].

Однако применение многих из этих добавок приводит к снижению прочности смеси, повышению ее газотворности и снижению газопроницаемости, иногда эти изменения становятся критическими и вызывают появление новых литейных дефектов. Попытки компенсировать снижение прочности смеси увеличением расхода связующего приводят к повышению себестоимости конечной продукции – отливок, более того, увеличение удельного количества связующего влечет за собой рост газотворности и снижение газопроницаемости смеси.

В данной работе представлены результаты исследования влияния широкого перечня различных материалов, рекомендуемых в качестве специальных добавок для исключения просечек, на важнейшие базовые свойства стержневых смесей, используемых для cold-box-amine-процесса: прочность при растяжении, газопроницаемость и газотворность.

Методика проведения испытаний

Для проведения испытаний изготавливали стержневую смесь на основе кварцевого песка марки $1K_1O_2O_3$ по ГОСТ 23409.24-78 и двухкомпонентного смоляного связующего, широко применяемого в Беларуси и соседних странах [4], состоящего из традиционной фенолформальдегидной смолы и полиизоцианата. Количество связующей композиции и соотношение ее компонентов оставались неизменными во всех исследованных образцах: 0,7% + 0,7% (компонент А + компонент Б) от массы песка. Продувку всех образцов осуществляли с применением диметилэтиламина (DMEA) с расходом 1,2 г/кг. Добавки в смесь вводили в процессе перемешивания в количестве от 0,3 до 5% сверх массы песка. В качестве добавок использовали доступные, рекомендуемые литературными источниками материалы. Все исследованные добавки можно условно разделить на две группы:

1. Добавки, содержащие металлы или их соединения, увеличивающие теплопроводность смеси (магнетит, алюминиевый порошок марки ПА-4, пудра алюминиевая, сурик железный, пыль газоочистки сталеплавильных дуговых печей).

2. Углеродсодержащие или органосодержащие добавки полностью или частично выгорающие (газифицирующиеся) при воздействии высоких температур (графит, коксовая пыль и древесная мука).

Отдельно рассматривали добавку отработанной наполнительной смеси, образовавшейся при производстве отливок по газофицируемым моделям, которую условно можно считать композиционным материалом. Данный материал представляет собой песок, покрытый сажистым углеродом, с некоторым содержанием продуктов неполной деструкции полистирола.

Смесь готовили в лопастном вертикальном смесителе. Образцы для испытаний изготавливали в соответствии с требованиями ГОСТ 23409-78. Изготовленные образцы продували диметилэтиламином. Для исключения влияния остатков газообразного катализатора на результаты испытания образцов проводили спустя 1 сут после изготовления. Смесь для проверки на газотворность по ГОСТ 23409.12 отбирали из образцов, прошедших испытания на прочность на разрыв по ГОСТ 23409.7 после их разрушения. Испытания на газопроницаемость проводили в соответствии с ГОСТ 23409.6. За результат испытания принимали среднее арифметическое трех параллельных измерений. Результаты испытаний стержневых

смесей с различными добавками сравнивали с результатами испытания исходного – эталонного образца без добавок (состав № 1).

Составы исследованных смесей приведены в табл. 1.

Таблица 1. Составы исследованных стержневых смесей

Содержание компонентов в смеси	Номер состава																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Песок, %	100																			
Компонент А, %	0,7																			
Компонент В, %	0,7																			
Газообразный катализатор (DMEA), г/кг	1,2																			
Магнетит, %	-	1,5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Порошок ПА-4, %	-	-	-	0,5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сурик железный, %	-	-	-	-	-	0,5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Пудра алюминиевая, %	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Пыль газоочистки ДСП, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Графит, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	1	-	-	-	-	-	-
Коксовая пыль, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	1	-	-	-	-
Древесная мука, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	1	-	-
Песок ЛГМ, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	1

Результаты испытаний

Эталонные образцы, изготовленные из смеси без добавок, показали следующие усредненные результаты: предел прочности при растяжении – 1,52 МПа, газопроницаемость – 244 ед. и газотворность – 2,89 мл/г.

Сравнение результатов испытаний образцов с добавками с эталонными образцами показано на рис. 1–3.

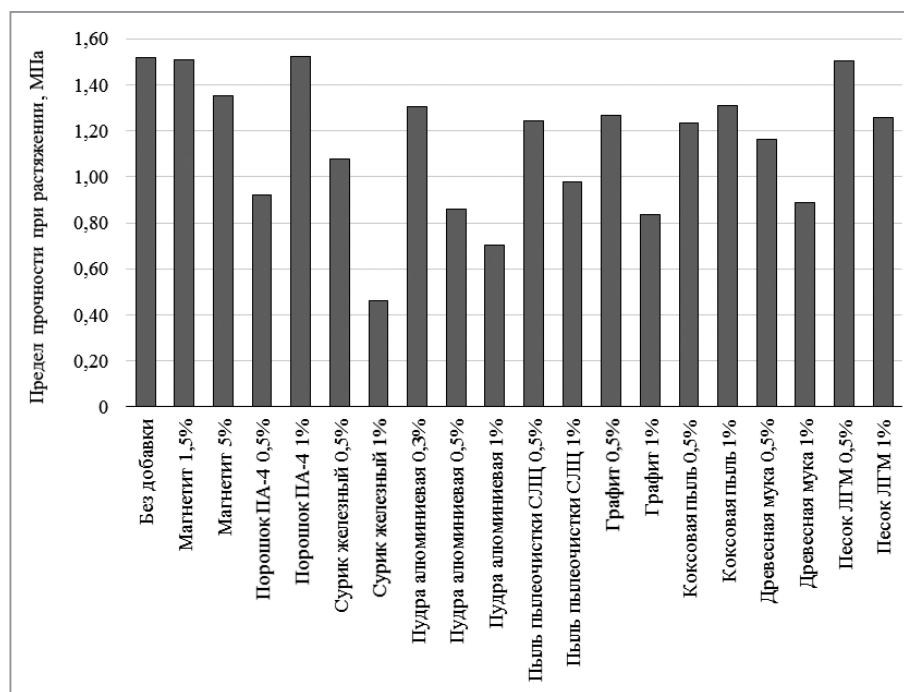


Рис. 1. Сравнительные результаты испытаний на предел прочности при растяжении

Из рисунков видно, что прочность практически не снизилась лишь в образцах, содержащих магнетит (1,5%), алюминиевый порошок и отработанную смесь после ЛГМ, что объясняется, в первую очередь, большей дисперсностью этих материалов по сравнению с другими добавками: их дисперсность сопоставима с размерами кварцевого песка в самой стержневой смеси, в то время как дисперсность остальных добавок в несколько раз и даже на порядок меньше. Общей тенденцией является снижение прочности при увеличении количества добавок. Наиболее заметным это снижение было при использовании сурика

железного и пудры алюминиевой, при добавлении которых в количестве 1% прочность снизилась в 3 и 2 раза, соответственно до 0,46 и 0,7 МПа.

Наибольшую газопроницаемость показали образцы с добавкой магнетита, причем только увеличение количества этой добавки не вызывало снижения газопроницаемости: даже при 5% магнетита газопроницаемость оставалась практически на исходном уровне – 243 ед., что также, по-видимому, связано с размерами и формой частиц магнетита. Наименьшую газопроницаемость имели смеси с добавками 1% графита – 170 ед.

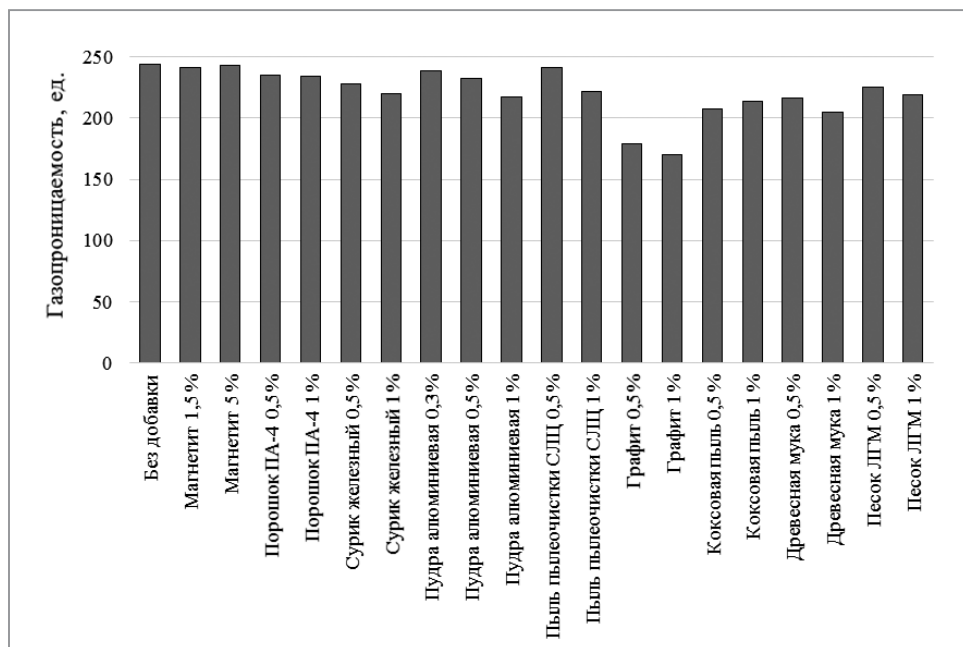


Рис. 2. Сравнительные результаты определения газопроницаемости смесей

Наибольшую газотворность ожидаемо продемонстрировали образцы с углеродсодержащими добавками: при введении 1% коксовой пыли газотворность составила 9,62 мл/г, 1% древесной муки – 9,38 мл/г, 1% графита – 9,35 мл/г. Наименьшую газотворность неожиданно показали образцы с отработанной смесью ЛГМ: при содержании в смеси 0,5% этого материала газотворность увеличилась лишь до 4,64 мл/г. Наименьшую удельную газотворность показала добавка магнетита: при 5% газотворность стержневой смеси составила не более 5,75 мл/г.

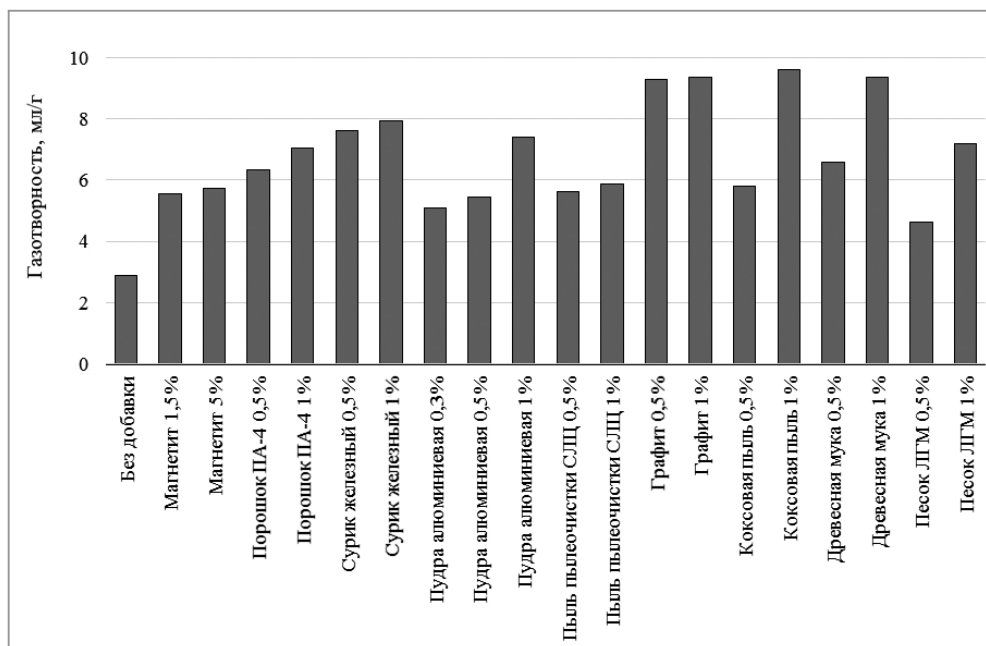


Рис. 3. Сравнительные результаты проверки стержневых смесей на газотворность

Выводы

1. В ходе исследований было установлено, что добавки с большой дисперсностью значительно, в некоторых случаях более чем в 2 раза, снижают прочность стержневой смеси. Это неизбежно потребует увеличения количества связующей композиции, что, в свою очередь, приведет к увеличению газотворности смеси. Это относится и к часто применяемому в Беларуси в качестве добавки для исключения просечки – железному сурику.

2. Добавка магнетитового песка, способствующая повышению теплопроводности стержневой смеси, практически не снижает ее прочностные характеристики и газопроницаемость, но приводит к увеличению газотворности смеси. Критичность этого увеличения требует отдельного изучения.

3. Перспективным представляется использование в качестве добавки пыли газоочистных установок ДСП. Исследования показали, что ее введение в смесь не приводит к значительному снижению прочности и газопроницаемости и не вызывает существенного роста газотворности, при этом она является для литейных цехов отходом собственного производства и соответственно не требует затрат на приобретение.

4. Для выработки окончательных рекомендаций по использованию тех или иных добавок для борьбы с просечками в отливках необходимо дополнительное изучение их влияния на теплофизические свойства смесей и исследование высокотемпературных явлений в смесях, содержащих добавки.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кукуй, Д. М.** Теория и технология литейного производства / Д. М. Кукуй, В. А. Скворцов, В. Н. Эктова. Минск: Дизайн ПРО, 2000. 416 с.
2. **Жуковский, С. С.** Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм / С. С. Жуковский: справ. М.: Машиностроение, 2010. 256 с.
3. **Ровин, С. Л.** Причины возникновения брака отливок по просечкам и поиск способов его предотвращения / С. Л. Ровин, С. В. Коренюгин // Литейное производство. 2019. № 12. С. 6–8.
4. **Домотенко, Ф. А.** Современные ресурсосберегающие технологии в литейном производстве ОАО «МТЗ» / Ф. А. Домотенко, С. И. Сиротенко, А. Н. Карась, А. П. Мельников, М. А. Садоха, Г. И. Пасюк // Литье и металлургия. 2016. № 3. С. 5–10.

REFERENCES

1. **Kukuj D. M., Skvorcov V. A., Jektova V. N.** *Teorija i tehnologija litejnogo proizvodstva* [Theory and technology of foundry production]. Minsk, Dizajn PRO Publ., 2000, 416 p.
2. **Zhukovskij S. S.** *Holodnotverdejušhie svjazujušhie i smesi dlja litejnyh sterzhnej i form* [Cold hardening binders and mixtures for foundry cores and molds]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2010, 256 p.
3. **Rovin S. L., Koreniugin S. V.** Prichiny vznikovenija braka otlivok po prosechkam i poisk sposobov ego predotvrashhenija [Causes of the rejection of castings by perforations and the search for ways to prevent it]. *Litejnoe proizvodstvo = Foundry production*, 2019, no. 12, pp. 6–8.
4. **Domotenko F. A., Sirotenko S. I., Karas' A. N., Mel'nikov A. P., Sadoha M. A., Pasjuk G. I.** Sovremennye resursosberegajushhie tehnologii v litejnom proizvodstve OAO "MTZ" [Modern resource-saving technologies in the foundry production of OJSC "MTW"]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2016, no. 3, pp. 5–10.