

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА СТЕРЖНЕВЫХ ПЕСЧАНО-СМОЛЯНЫХ СМЕСЕЙ

С.В. КОРЕНЮГИН, С.Л. РОВИН, Белорусский национальный технический университет, Беларусь, г. Минск, пр. Независимости, 65.

E-mail: [foundry@bntu.by](mailto:foundation@bntu.by), тел.: +375 (017) 293-92-04

П.П. КУЗЕНКОВ, Группа компаний СФР, Россия, г. Санкт-Петербург, Колпино, ул. Финляндская, 31. E-mail: info@phlogopite-rus.com, тел.: +7 (812) 244-40-05

Представлен анализ влияния металлосодержащих добавок различного химического и гранулометрического состава (железный сурик, магнетитовый песок FerroSAND, алюминиевая пудра и порошок алюминиевый ПА-4) на основные свойства песчано-смоляных смесей, используемых для изготовления стержней по cold-box-amine процессу. Определялось влияние указанных добавок на прочность смесей в отвержденном состоянии, на их газотворность, газопроницаемость и осыпаемость. Полученные результаты, сравнивались 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.*

ANALYSIS OF THE EFFECT OF METAL-CONTAINING ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF CORE SAND-RESIN MIXTURES

S.V. KORENIUGIN, S.L. ROVIN, Belarusian National Technical University, Nezavisimosty Ave., 65, Minsk, Belarus.

E-mail: [foundry@bntu.by](mailto:foundation@bntu.by), tel.: +375 (017) 293-92-04

P.P. KUZENKOV, SFR Group of Companies, Russia, St. Petersburg, Kolpino, 31 Finlyandskaya str. E-mail: info@phlogopite-rus.com, tel.: +7 (812) 244-40-05

The analysis of the influence of metal-containing additives of various chemical and granulometric composition (iron meerkat, FerroSAND – magnetite sand, aluminum powder and aluminum PA-4 powder) on the basic properties of sand-resin mixtures used for the manufacture of rods by the cold-box-amine process is presented. The influence of these additives on the strength of the mixtures in the cured state, on their gas content, gas permeability and crumbling was determined. The results obtained were compared with the characteristics of a 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.*

Введение

Одним из наиболее эффективных методов, позволяющих управлять скоростью кристаллизации и охлаждения отливок и снизить вероятность образования характерных дефектов их поверхности, таких как «просечки», является введение в состав формовочных и стержневых смесей различного рода специальных добавок. В перечне таких материалов значительное место занимают добавки, содержащие металлы и их соединения, в том числе оксиды

железа, алюминия, хрома и т.д. Так, согласно исследованиям, проведенным компанией Ashland (США) в начале 2000 годов, на территории Великобритании добавку гранулированного оксида железа использовали более 70% опрошенных литейных предприятий, а в самих Соединенных штатах добавки такого же типа применяли около половины всех литейных цехов [1]. Достаточно широкое распространение получили добавки, содержащие гематит (Fe_2O_3) и магнетит (Fe_3O_4), так же на территории стран СНГ и в Республике Беларусь. Так, например, оксид железа (Fe_2O_3) в виде порошка железного сурика использует ОАО «Минский тракторный завод» для исключения «просечки» на отливках «Головка блока цилиндров» и «Корпус турбины» [2]. Сегодня ряд предприятий Российской Федерации (АО «ТВСЗ», ООО «ВКМ-Сталь», АО «АлтайВагон») при производстве стержней для железнодорожного литья применяет магнетит (Fe_3O_4) в виде гранул со средним размером частиц 0,125–0,315 мм.

Однако, помимо изменения теплофизических характеристик, эти добавки могут оказывать значительное влияние также на физико-механические и технологические свойства смесей, в частности, приводить к снижению прочности смеси, повышению осыпаемости 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 значительный рост газотворности и снижение газопроницаемости смеси [3,4].

При этом следует отметить, что не только количество и состав добавок, но и другие их характеристики оказывают существенное влияние на качество смеси, в частности – размер частиц, входящих в состав добавок. Таким образом, для эффективного применения специальных добавок необходима всесторонняя оценка их влияния на основные свойства формовочных и стержневых смесей, определение оптимального гранулометрического состава и удельного количества добавок.

Методика проведения испытаний

Для проведения испытаний изготавливалась стержневая смесь на основе кварцевого песка марки 1К₁О₂ОЗ по ГОСТ 23409.24-78 и двухкомпонентного смоляного связующего, широко применяемого в Беларуси и соседних странах, состоящего из традиционной фенолформальдегидной смолы и полиизоционата. Количество связующей композиции и соотношение ее компонентов оставалось неизменным 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 вводились в процессе перемешивания в количестве от 0,5 до 5% сверх массы песка. Для сравнительной оценки в качестве добавок использовались следующие материалы:

- 1) Сурик железный (Fe_2O_3) ГОСТ 8135-74, средний размер фракции <0,063 мм;

- 2) Магнетит (Fe_3O_4), торговой марки FerroSAND, средний размер фракции 0,125–0,315 мм;
- 3) Пудра алюминиевая ПАП-1 ГОСТ 5495-2022, средний размер фракции <0,063 мм;
- 4) Порошок алюминиевый ПА-4 ГОСТ 6058-2022, средний размер фракции 0,1-0,16 мм.

Смесь готовилась в лопастном вертикальном смесителе. Образцы для испытаний изготавливались в соответствии с требованиями ГОСТ 23409-78. Изготовленные образцы продувались диметилэтиламином. Для исключения влияния остатков газообразного катализатора на результаты, испытания образцов проводились спустя сутки после изготовления. Смесь для проверки на газотворность по ГОСТ 23409.12 отбиралась из образцов, прошедших испытания на прочность на разрыв по ГОСТ 23409.7 после их разрушения. Испытания на газопроницаемость проводились 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 таблице 1.

Таблица 1. Составы исследованных стержневых смесей

Содержание компонентов смеси	Состав №1	Состав №2	Состав №3	Состав №4	Состав №5	Состав №6	Состав №7	Состав №8
Песок, %	100							
Компонент А, %	0,7							
Компонент В, %	0,7							
Газообразный катализатор (DMEA), г/кг	1,2							
Магнетит FerroSAND	-	1,5	5	-	-	-	-	-
Порошок ПА-4	-	-	-	0,5	-	-	-	-
Сурик железный	-	-	-	-	0,5	1	-	-
Пудра алюминиевая	-	-	-	-	-	-	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 единицы, газотворность – 2,89 мл/г и осыпаемость ~1%.

Сравнение результатов испытаний образцов с добавками с эталонными образцами представлено на рисунках 1-4.

Из представленных результатов видно, что все добавки в той или иной степени снижают конечную прочность смеси, и чем больше их количество, тем больше снижается прочность. Наименьшее снижение прочности наблюдалось в образцах, содержащих FerroSAN, что по-видимому

объясняется, в первую очередь, большим размером частиц этих материалов по сравнению с другими добавками: их дисперсность сопоставима с размерами кварцевого песка в самой стержневой смеси, в то время как дисперсность железного сурика и алюминиевой пудры на порядок меньше.



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

Наибольшую газопроницаемость показали образцы с добавкой FerroSAND и порошка ПА-4. Причем увеличение количества добавки магнетита практически не вызывало снижения газопроницаемости: даже при 5% газопроницаемость оставалась практически на исходном уровне – 243 единицы. Наименьшую газопроницаемость имели смеси с добавками железного сурика и алюминиевой пудры: 220 ед. и 217 ед., соответственно, при их содержании на уровне 1% (рис. 2).

Введение всех исследованных добавок сопровождалось увеличением газотворности. Наименьшую удельную газотворность показала добавка FerroSAND: при добавлении 5% гранулированного магнетита газотворность стержневой смеси составила около 5,75 мл/г, при газотворности исходной смеси около 3 мл/г. В то же время, добавки железного сурика в количестве 0,5 и 1% увеличили газотворность смеси, соответственно, до 7,62 и 7,94 мл/г. Стоит отметить, что, в целом, газовыделения при использовании всех перечисленных добавок находились на довольно низком уровне – не более 8 мл/г (рис. 3).

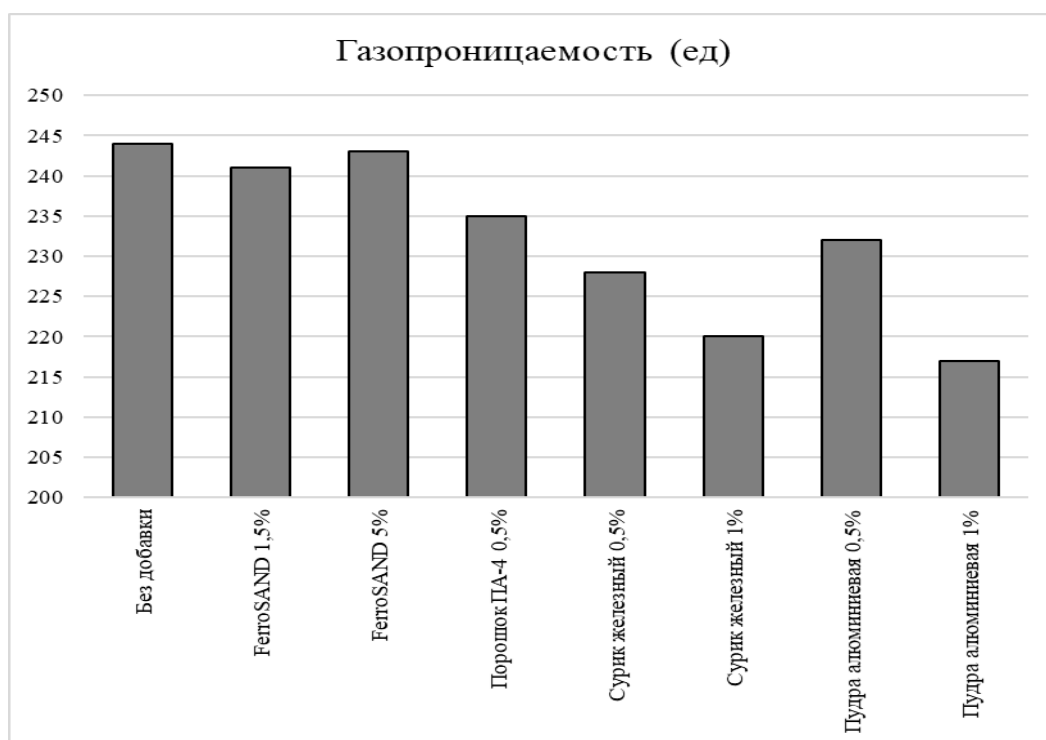


Рис. 2. Сравнительные результаты определения газопроницаемости смесей

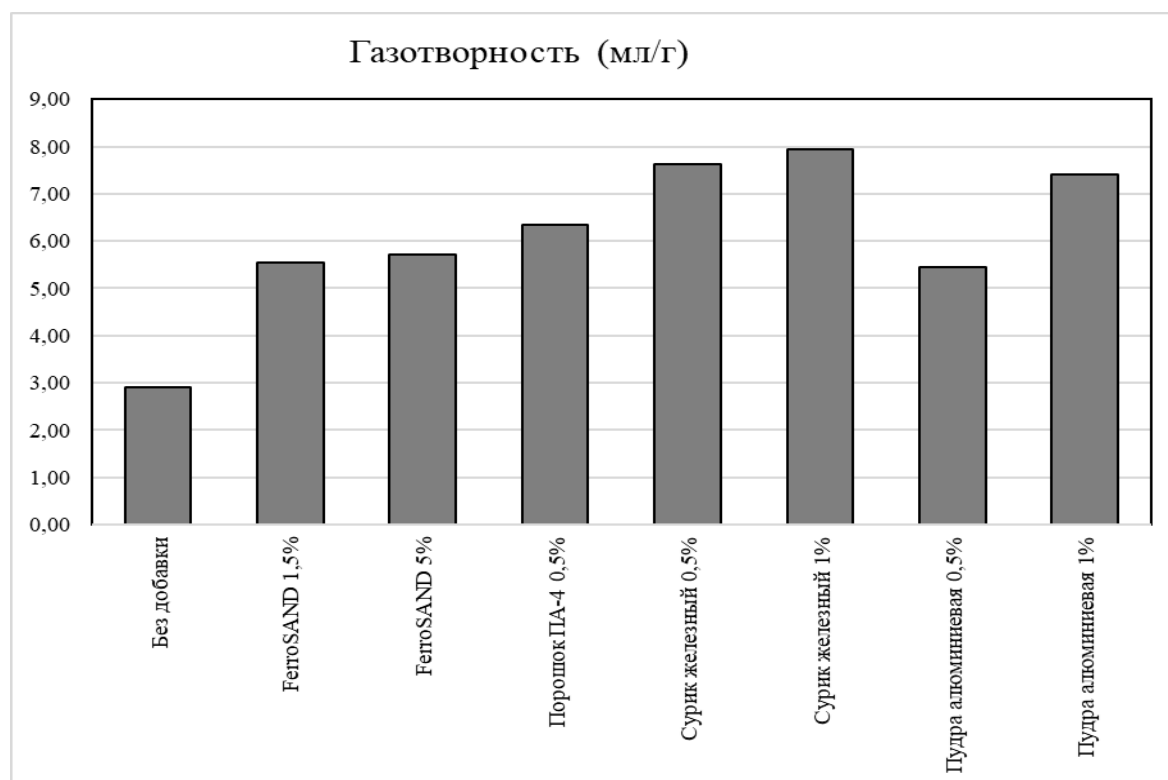


Рис. 3. Сравнительные результаты проверки стержневых смесей на газотворность.

Результаты исследования влияния добавок на осыпаемость образцов показали, что более-менее приемлемый уровень (не более 1,5%) обеспечивается только при использовании гранулированного магнетита. Наибольшие значения осыпаемости (8,2 и 8,3%) показали образцы, изготовленные с применением добавок железного сурика и алюминиевой пудры (рис. 4). Это объясняется и

оптимальной дисперсностью гранул магнетита FerroSAND и его нейтральностью по отношению к используемым в составе смеси связующему и отвердителю.

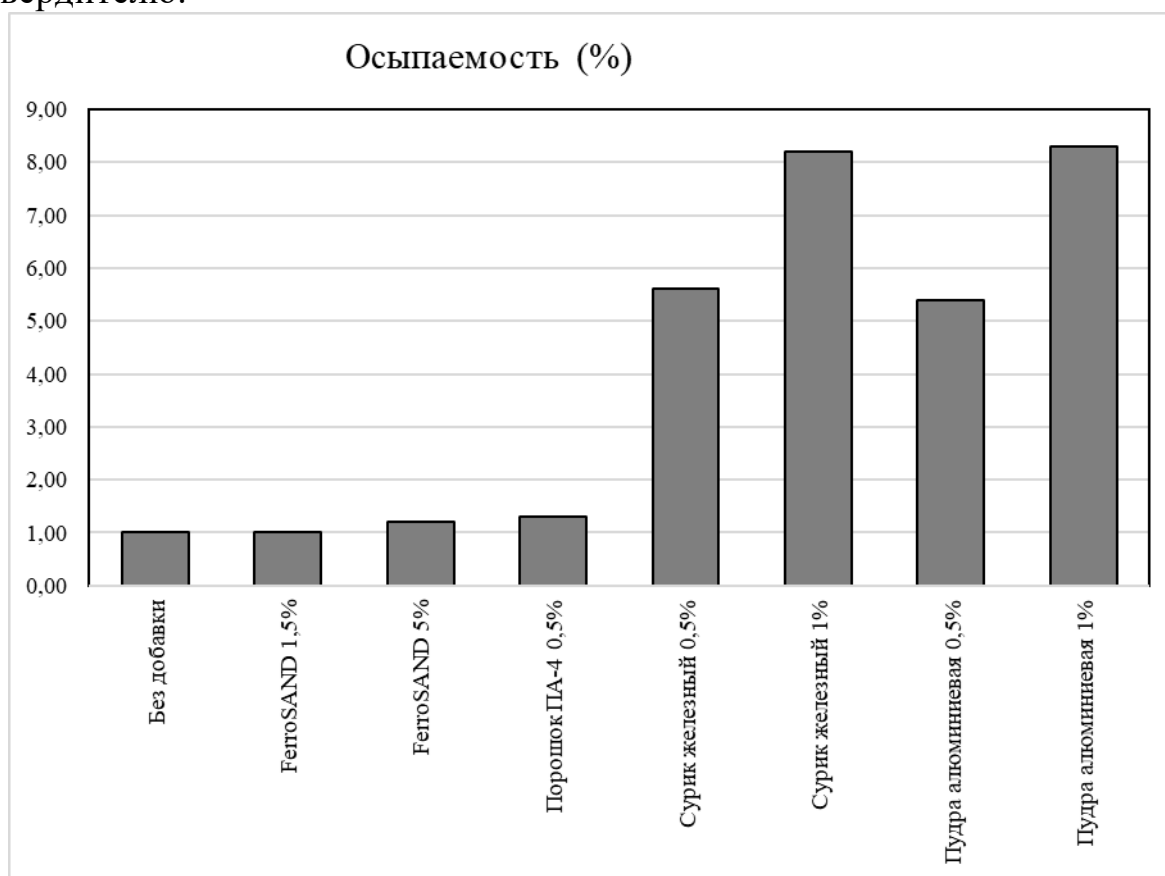


Рис. 4. Сравнительные результаты проверки стержневых смесей на осыпаемость.

Выводы

1. В ходе исследований было установлено, что добавки с большой дисперсностью вызывают значительное снижение прочности стержневой смеси и увеличивают осыпаемость образцов. Их применение неизбежно потребует увеличения количества связующей композиции, что, в свою очередь, приведет к увеличению газотворности смеси и росту вероятности появления газовых дефектов в отливках. Это, в том числе, относится и к часто применяемому в Беларуси в качестве добавки для исключения просечек – железному сурику.

2. Среди исследованных материалов наилучший результат показала добавка магнетита FerroSAND. Ее введение для изменения теплофизических характеристик, в частности, для повышения теплопроводности стержневой смеси, практически не снижает прочностные характеристики, газопроницаемость и осыпаемость смеси.

3. Для выработки научно-обоснованных рекомендаций по использованию тех или иных добавок для борьбы с просечками, необходимо проведение исследований их влияния на поведение смесей в области высоких температур, определение их оптимального содержания в стержневой смеси, и влияния их накопления в оборотной формовочной смеси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Busby A. An assessment of the control of finning (veining) defects in iron castings produced with phenolic - Urethane cold - box bonded cores. // Foundry– 2001. – № 94. – P. 13-21.
2. Комаров О.С. Просечки на поверхности чугуновых отливок / О.С. Комаров, Е.В. Розенберг, А.Н. Карась, А.М. Невмержицкий, А.Н. Апанасевич // Литье и металлургия. – 2018. – № 2. – С.37-42.
3. Bašistová M., Radkovský F., Kroupová I., Lichý, P. Dilatation of New Progressive Hybrid Sand and Its Effect on Surface Structure, Roughness, and Veining Creation within Grey Cast Iron. // Materials. – 2022. – №16. – P. 2-15.
4. Hrubovčáková Martina, Vaskova Iveta, Conev Martin, Bartošová Marianna, Futas Peter. Influence the Composition of the Core Mixture to the Occurrence of Veining on Castings of Cores Produced by Cold-Box-Amine Technology // Manufacturing Technology. – 2017. №17 – P. 39-44.