



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-4-24-27>
УДК 621.74

Поступила 02.11.2021
Received 02.11.2021

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

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 лабораторных методов исследования температурных и фазовых расширений и изменения свойств формовочных и стержневых смесей в процессе нагрева. Проведен анализ предлагаемого на рынке Беларуси лабораторного оборудования для высокотемпературных испытаний формовочных материалов и смесей, описана методика проведения таких испытаний с использованием приборов ведущих мировых производителей. Представлены результаты тестовых высокотемпературных испытаний смесей на основе фурановых связующих.

Ключевые слова. Свойства смесей при высоких температурах, фазовые и температурные расширения, дефекты отливок, просечка.

Для цитирования. Коренюгин, С. В. Лабораторные методы исследования стержневых смесей при высоких температурах / С. В. Коренюгин, С. Л. Ровин // Литейное производство. 2021. №4. С. 24–27. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-4-24-27>.

LABORATORY METHODS FOR THE STUDY OF ROD MIXTURES AT HIGH TEMPERATURES

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 laboratory methods for studying temperature and phase expansions and changes in the properties of molding and core mixtures during heating. The analysis of laboratory equipment offered on the Belarusian market for high-temperature testing of molding materials and mixtures is carried out, the methodology for conducting such tests using devices from leading world manufacturers is described. The results of high-temperature test tests of mixtures based on furan binders are presented.

Keywords. Properties of mixtures at high temperatures, phase and temperature expansions, defects of castings, cutting, finning.

For citation. Koreniugin S. V., Rovin S. L. Laboratory methods for the study of rod mixtures at high temperatures. Foundry production and metallurgy, 2021, no. 4, pp. 24–27. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-4-24-27>

Введение

Для понимания причин и механизмов образования большинства литейных дефектов, в том числе таких характерных, как пригар, горячие трещины, ужимины и просечки, важнейшее значение имеют исследования свойств и поведения формовочных и стержневых смесей при высоких температурах. До недавнего времени такие исследования были возможны только при проведении натуральных экспериментов путем заливки лабораторных образцов расплавом. Информативность таких исследований была минимальной, а трудоемкость очень высокой.

В 2000-е годы у ведущих производителей аналитического и испытательного лабораторного оборудования для литейного производства, таких, как Simpson Technologies (США-Германия), Georg Fischer (Швейцария), Multiserw Morek (Польша), Kelson Testing Equipment (Индия), BenetLab (Италия) и некоторых других, появились приборы, предназначенные для проведения «сухих» (без заливки расплава) лабораторных испытаний формовочных и стержневых смесей при высоких температурах и исследования изменения их свойств и напряженно-деформированного состояния в процессе нагрева [1,2].

Методика испытаний

Одним из таких приборов является высокотемпературный компрессионный тестер компании Simpson Technologies мод. 42115, который может использоваться для исследования свойств как формовочных

и стержневых смесей, так и огнеупорных наполнителей без связующего. Прибор позволяет проводить исследования температурных и фазовых объемных изменений в материале в свободном состоянии или после предварительного уплотнения, фиксируя возникающие в образце напряжения, связанные с его расширением. Общий вид прибора и его измерительная схема показаны на рис. 1 [3].

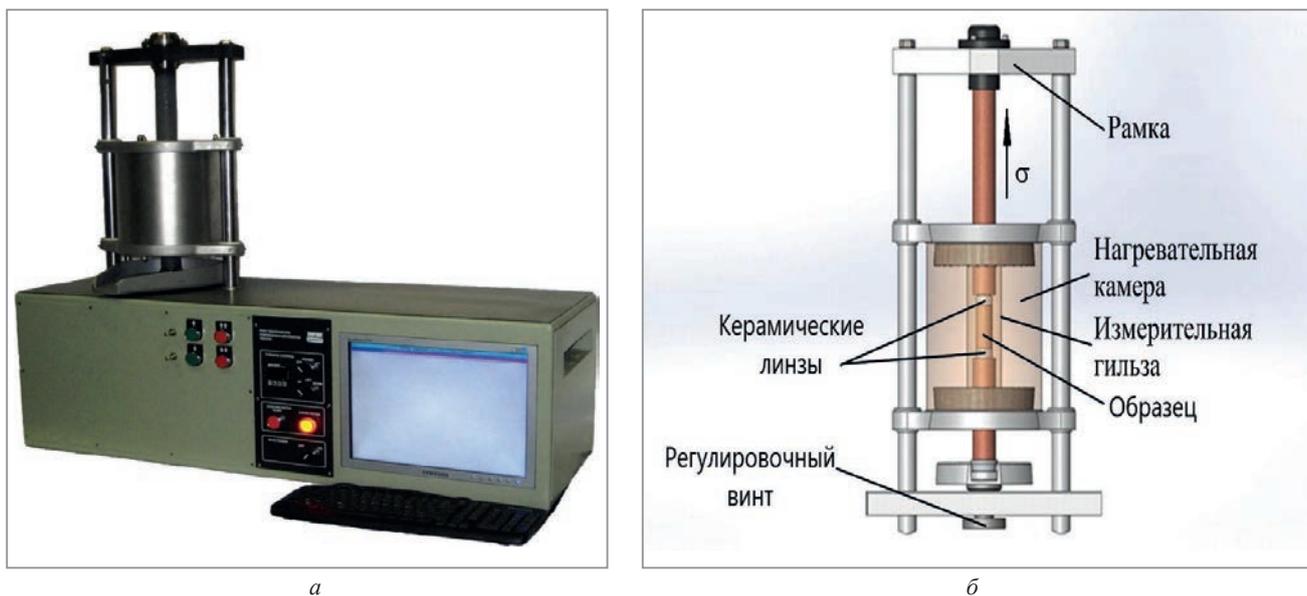


Рис. 1. Общий вид (а) и измерительная схема (б) проведения высокотемпературных испытаний на приборе мод. 42115 компании Simpson Technologies

Порядок проведения измерений на приборе следующий: с помощью клавиатуры устанавливается требуемая температура нагрева образца, после достижения заданной температуры нагревательная камера переводится в верхнее положение, образец смеси засыпается в измерительную гильзу, которая фиксируется регулировочным винтом, нагревательная камера опускается в нижнее положение и начинается измерение. В ходе испытаний прибор контролирует давление (напряжение), создаваемое расширением образца при нагреве, при этом в автоматическом режиме на мониторе прибора строится график изменения давления в зависимости от времени и температуры нагрева.

Для измерения деформаций, сопровождающих температурные и фазовые превращения в стержневой смеси в процессе нагрева, компания Simpson Technologies предлагает прибор модели 42114. Образец с размерами 115×25×6 мм (длина×ширина×толщина) устанавливается в зажим, затем с помощью регуляторов задаются требуемые параметры работы газовой горелки – расход газа и соответственно темп нагрева. После включения прибора происходит поджигание горелки и начинается измерение величины деформационных изменений размеров образца. Все параметры представляются в виде графика на экране прибора. Общий вид прибора представлен на рис. 2 [3].



Рис. 2. Общий вид прибора мод. 42114 компании Simpson Technologies

Аналогичный прибор, модели LRu-DMA, только с электрическим нагревом предлагает компания Multiserw Morek [4]. Общий вид и измерительная схема этого прибора показаны на рис 3.

Образец (параллелепипед) из стержневой смеси консольно крепится на кронштейне и нагревается в средней его части с нижней или верхней стороны. Из-за разницы в тепловом расширении между нагретой и холодной поверхностью образец деформируется в направлении, противоположном направлению источника тепла. Величина перемещения свободного конца образца фиксируется и отображается в виде графика на экране монитора.

После нарушения целостности образца (из-за образования трещин или начала деструкции связующего) начинается его деформация в обратном направлении. Величина обратной деформации также измеряется и фиксируется на графике вплоть до полного разрушения образца.

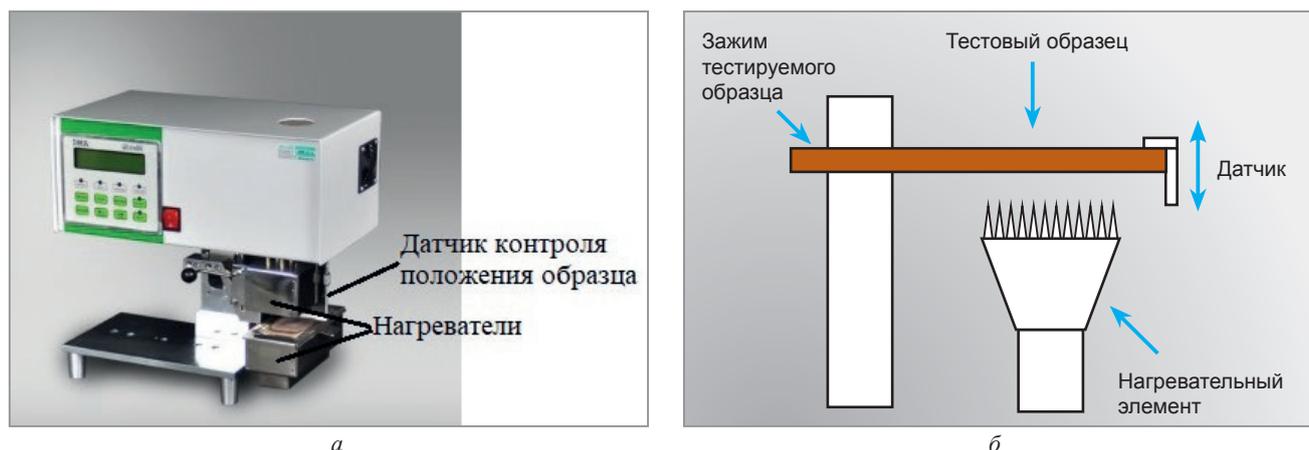


Рис. 3. Общий вид (а) и измерительная схема (б) проведения высокотемпературных испытаний на приборе мод. LRu-DMA компании Multiserw Morek

Изменения, происходящие при нагреве в образце, имеют место и в реальных песчаных стержнях при заливке формы расплавом и в процессе кристаллизации и охлаждения отливок. Эти явления приводят к возникновению таких дефектов литья, как искажение геометрии, перекося, разностенность, просечки и др., особенно в случае использования тонких (ленточных) стержней, например, оформляющих рубашки охлаждения головок и блоков цилиндров и т.п.

При проведении испытаний контролируются и фиксируются следующие параметры: температура в зоне нагрева, продолжительность нагрева и деформация – перемещение свободного конца образца. Деформация (изгиб) образца определяется с точностью до 0,001 мм.

Результаты испытаний

Для отработки методики исследований, определения достоверности и повторяемости получаемых результатов на приборе LRu-DMA были проведены сравнительные высокотемпературные испытания смесей на фурановых связующих при различном содержании и соотношении связующего и отвердителя.

При проведении испытаний соблюдалась стабильность условий и режимов приготовления и отверждения исследуемых смесей. Полученные в ходе испытаний зависимости величины деформации (изгиба) образца от температуры и времени ее воздействия приведены на рис. 4.

Отклонения измеряемых величин от среднего арифметического значения при проведении параллельных испытаний не превышали 4–7% (см. таблицу).

Деформация образца при температуре нагревателя 900 °С

Номер образца	Деформация, мм, через, с							
	50	100	150	200	250	300	350	400
1	0,191	0,281	0,346	0,454	0,526	0,597	0,697	0,784
2	0,274	0,385	0,472	0,547	0,601	0,664	0,755	0,654
3	0,246	0,303	0,418	0,526	0,612	0,672	0,721	0,704
Среднее арифметическое значение	0,237	0,323	0,412	0,509	0,580	0,644	0,724	0,714
Максимальное отклонение от среднего значения, %	4,6	6,2	6,6	5,5	5,4	4,7	3,1	7

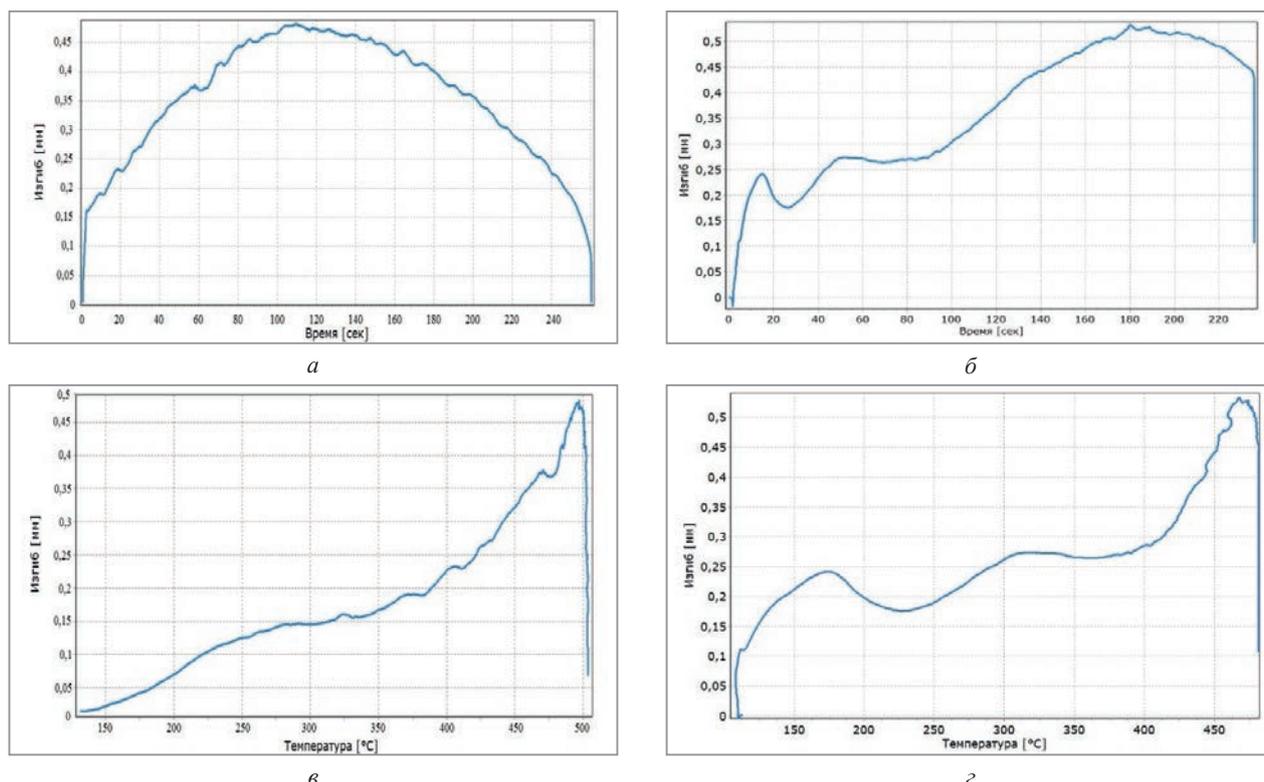


Рис. 4. Результаты испытаний образцов из холоднотвердеющих смесей на фурановых связующих: а, б – зависимость величины деформации от времени воздействия высоких температур; в, г – зависимость величины деформации от температуры; а, в – образец с содержанием 1,2% связующего и 0,36% отвердителя; б, г – образец с содержанием 1,5% связующего и 0,45% отвердителя

Выводы

Высокотемпературные лабораторные испытания стержневых смесей с помощью представленных выше приборов позволяют воспроизвести и исследовать их поведение в условиях, соответствующих процессам заливки форм расплавом, кристаллизации и охлаждения отливок, получить количественную оценку их напряженно-деформированного состояния и, таким образом, значительно упростить исследования и ускорить поиск решений, направленных на предотвращение или снижение риска возникновения дефектов отливок, связанных с разрушением или искажением геометрии стержня, таких, как несоответствие по геометрии, горячие трещины, засоры, просечки и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Коренюгин, С.В. Причины дефектов литья при использовании стержней, изготовленных по Cold-Box-Amin-процессу / С.В. Коренюгин, С.Л. Ровин, В.М. Гацура // Современные технологии для заготовительного производства: материалы РНТК профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов МТФ БНТУ. Минск, апрель 2020. Минск: БНТУ, 2020. С. 103–106.
3. Каталог продукции компании Simpson Technologies GmbH. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.simpson-group.com/media/usa/Simpson-Sand-Testing-Catalog.pdf> – дата доступа: 25.05.2021.
4. Каталог продукции компании Multiserw-Morek. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://multiserw-morek.pl/data/attachments/1044_2015_folder_odlewnictwo_en.pdf – дата доступа: 25.05.2021.

REFERENCES

1. Rovin S.L., Korenyugin S.V. Prichiny vznikhoveniya braka otlivok po prosechkam i poisk sposobov ego predotvrashcheniya [Causes of marriage of castings for finning and the search for ways to prevent it.]. *Liteynoye proizvodstvo = Foundry production*, 2019, no. 12, pp. 6–8.
2. Korenyugin S.V., Rovin S.L., Gatsuro V.M. Prichiny defektov litia pri ispolzovanii sterzhney, izgotovlennykh po Cold-Box-Amine-protsessu [Causes of casting defects when using cores made according to the cold-box amine process.]. *Sovremennyye tekhnologii dlya zagotovitel'nogo proizvodstva: materialy RNTK professorsko-prepodavatelskogo sostava, nauchnykh rabotnikov, doktorantov i aspirantov MTF BNTU = Modern technologies for procurement production: materials of the RNTK of the teaching staff, researchers, doctoral students and postgraduates of the ITF BNTU*, Minsk, april 2020. BNTU. Minsk, 2020, pp. 103–106.
3. <http://www.simpsongroup.com/media/usa/Simpson-Sand-Testing-Catalog.pdf> – data dostupa: 25.05.2021.
4. http://multiserw-morek.pl/data/attachments/1044_2015_folder_odlewnictwo_en.pdf – data dostupa: 25.05.2021.