

УДК 621.74  
DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-24-27Поступила 13.09.2018  
Received 13.09.2018

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ВНУТРЕННИХ ПОЛОСТЕЙ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК

*И. Б. ОДАРЧЕНКО, А. А. СИНИЦКИЙ, И. Н. ПРУСЕНКО, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, г. Гомель, Беларусь, пр. Октября, 48. E-mail: oda2009@gmail.com*

*Исследованы механизм и причины образования дефектов отливки, проявляющихся в отклонении геометрии внутренней полости от «цилиндричности». Показано, что причины искажения геометрической формы отверстий связаны с деформацией литейного стержня в ходе термического и механического взаимодействия с расплавом. Используя возможности компьютерного моделирования в пакете MAGMASOFT, были проанализированы распределения температур металла в теле отливки в период заливки и затвердевания. Участки искажения геометрической формы внутреннего отверстия отливки соответствуют зоне стержня, подвергающейся наиболее высоким и длительным термическим нагрузкам. Характеристики температурных полей в соответствующих зонах указывают на перегрев отдельных областей стержня до температур, вызывающих фазовые напряжения в структуре стержневой смеси, достаточные для возникновения деформаций в нем. Для устранения рассматриваемого дефекта были использованы два подхода, направленные на снижение величины фазовых напряжений в литейном стержне и корректировку конструкции стержневой оснастки.*

**Ключевые слов.** *Литейные стержни, внутренние полости отливок, размерная точность отливок, коробление отливок, термическое взаимодействие металла и стержня, объемные изменения зерна огнеупорного наполнителя.*

**Для цитирования.** *Одарченко И. Б. Обеспечение стабильности внутренних полостей стальных отливок / И. Б. Одарченко, А. А. Синицкий, И. Н. Прусенко // Литье и металлургия. 2019. № 1. С. 24–27. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-24-27.*

## THE STABILITY OF THE INTERNAL CAVITIES OF STEEL CASTING

*I. B. ODARCHENKO, A. A. SINITSKIY, I. N. PRUSENKO, Gomel State Technical University named after P. O. Sukhoi, Gomel, Belarus, 48, Oktober ave. E-mail: oda2009@gmail.com*

*The mechanism and causes of the formation of casting defects, manifested in the deviation of the geometry of the internal cavities from the «cylindrical», are investigated. It is shown that the causes of distortion of the geometric shape are associated with deformation of the casting rod during thermal and mechanical interaction with the melt. Using the possibilities of computer simulation in the MAGMASOFT package, the temperature distributions of the metal in the casting body during the casting and solidification were analyzed. Areas of distortion of the geometric shape of the inner part of the casting correspond to the area of the rod subjected to the highest and longest thermal loads. The characteristics of the temperature fields in the respective zones indicate overheating of individual areas of the rod to temperatures causing phase stresses in the structure of the core mixture, sufficient for the occurrence of deformations in it. To eliminate the defect under consideration, two approaches were used to reduce the magnitude of phase stresses in the casting rod and to adjust the design of the rod tooling.*

**Keywords.** *Casting rods, the internal cavities of the casting, dimensional accuracy of castings, warping of the castings, thermal interaction of the metal rod, the volume change of the grains of the refractory filler.*

**For citation.** *Odarchenko I. B., Sinitskiy A. A., Prusenko I. N. The stability of the internal cavities of steel casting. Foundry production and metallurgy, 2019, no. 1, pp. 24–27. DOI: 10.21122/1683-6065-2019-1-24-27.*

Надежность работы литых деталей, снижение трудо-, энерго- и материалоемкости их изготовления во многом определяются стабильностью размерной и геометрической точности отливок. Ввиду этого обеспечение заданных геометрических характеристик отливок является актуальной технологической задачей на отечественных и зарубежных литейных предприятиях.

На ООО «Гусар» (РФ, г. Гусь-Хрустальный) в процессе освоения новой номенклатуры были выявлены отклонения геометрии внутренней полости отливок «Крышка» (рис. 1), а именно отклонение от цилиндричности по оси  $X$  (рис. 2).

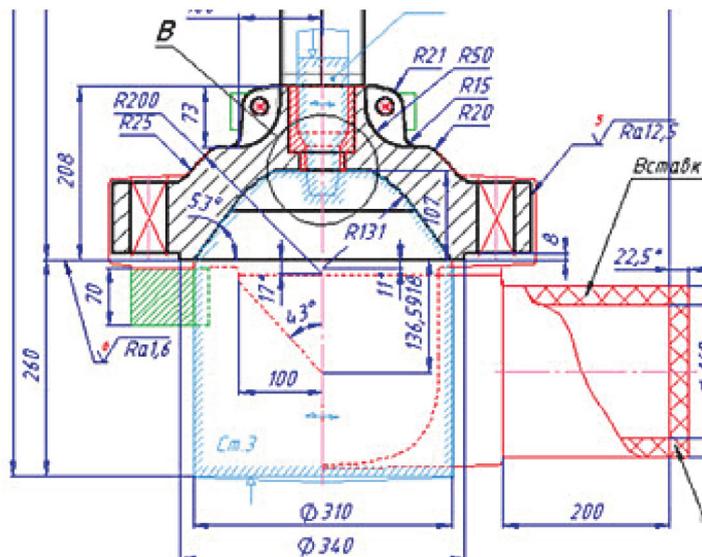
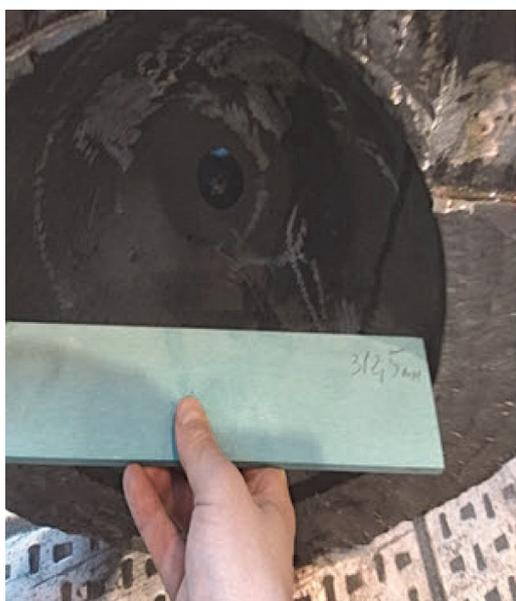


Рис. 1. Крышка (боковые прибыли установлены по боковой поверхности фланцев)



а



б

Рис. 2. Замеры размеров контрольным шаблоном: а – по оси X; б – по оси Y

Отливку изготавливали из стали 20ГЛ по технологии *No-bake Alphaset*. Температура заливки формы – 1595 °С, коэффициент линейной усадки – 2,2%, металлоемкость формы – 540 кг. В качестве связующих компонентов формовочной и стержневой смесей использовали высокощелочной резольный фенолформальдегидный полимер S 8358 и отвердитель T-12. Облицовочный слой литейной формы и стержня выполняли из смеси на основе хромитового огнеупорного наполнителя. Наполнительный слой литейной формы изготавливается на основе кварцевого регенерата, а стержня – на основе свежего кварцевого песка, противопригарное покрытие – на основе циркона.

Согласно конструкторской документации (КД), внутренняя полость отливки «Крышка» оформляется стержнем, обеспечивающим диаметр в плоскости совмещения  $310 \pm 2,5$  мм. Фактически при замерах контрольным шаблоном (рис. 2) указанный размер имел отклонения от номинальной величины (табл. 1). При этом максимальное отклонение во всех случаях фиксировалось по оси X.

Таблица 1. Результаты замеров размеров диаметра отверстия отливки «Крышка»

Значение по КД, мм	Диапазон отклонения размеров диаметра по горизонтали (ось X), мм	Диапазон отклонения размеров диаметра по вертикали (ось Y), мм
310±2,5	5,2–7,1	1–1,4

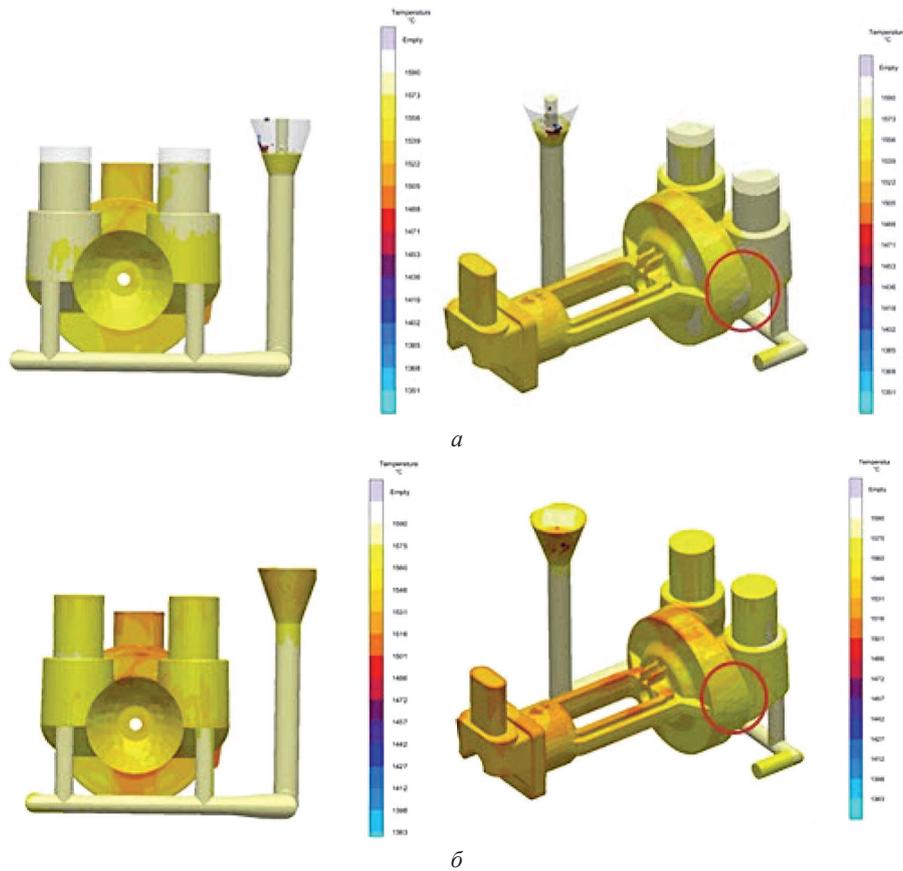


Рис. 3. Распределение температур металла в конце заливки (белый цвет – температура более 1590 °С): *а* – через 26 с; *б* – через 29 с

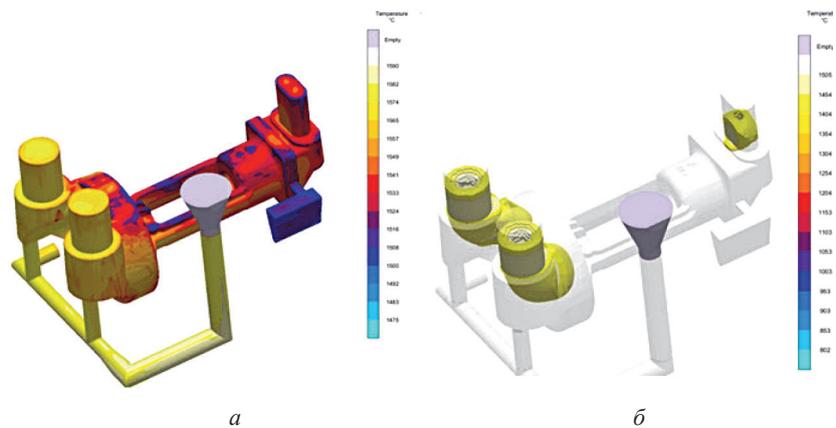


Рис. 4. Распределение температур металла в период затвердевания: *а* – начало затвердевания; *б* – через 35 мин 20 с после начала затвердевания

Безусловно, искажение геометрии отливки с точки зрения формирования дефекта связано с деформацией литейного стержня в ходе термического и механического взаимодействия с расплавом [1]. Термическое взаимодействие расплава и литейного стержня может сопровождаться полиморфными превращениями кристаллической решетки зерен кварцевого песка с их объемными расширениями в определенных областях литейного стержня, подвергающихся длительному перегреву. С точки зрения механического взаимодействия литейный стержень подвергается воздействию сил статического давления жидкого металла и сил усадочного характера. В условиях локального перегрева стержня это может стать причиной деформаций.

Для установления характера протекания данных физико-химических процессов было проведено компьютерное моделирование в пакете MAGMASOFT, проанализированы распределения температур металла в конце заливки (рис. 3) и в период затвердевания (рис. 4).

Из результатов проведенного моделирования следует, что в области отливки (шейка прибыли), где выявлено несоответствие по геометрии (рис. 3, *а*, *б*), сконцентрированы длительные термические на-

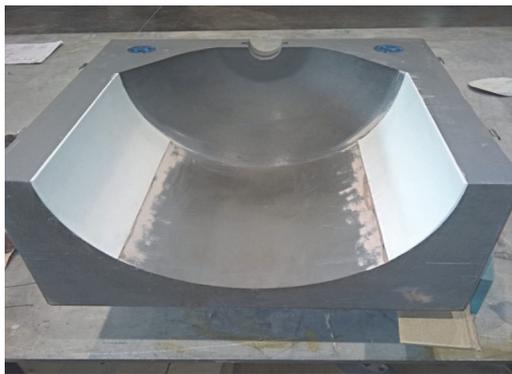


Рис. 5. Нашивки, выполняющие технологическую овальность на формообразующей поверхности стержневого ящика

Была изготовлена опытная партия литейных стержней и проведены испытания. При этом отклонения размеров диаметра отверстия отливки «Крышка» находились в поле допусков, обозначенных конструкторской документацией. Результаты замеров представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты замеров размеров диаметра отверстия

Номер отливки	Значение по КД, мм	Огнеупорный наполнитель стержня	Значение по горизонтали (ось X), мм	Значение по вертикали (ось Y), мм
1	310±2,5	Хромит	311,5	311,7
2			312	311,3
3			311,7	311,3
4			311,6	311,4
5			311,8	311,2

Также проведены исследования, при которых были внесены корректировки в конструкцию стержневой оснастки, позволяющие сформировать технологическую овальность стержня. При этом диаметр стержня по оси X был уменьшен на 6 мм (рис. 5) для обеспечения требуемого размера отверстия отливки.

Данный подход позволил значительно снизить степень коробления отливки, однако не делает возможным стабилизировать размерную точность дефектной области отливки. Результаты замеров приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты замеров размеров диаметра отверстия

Номер отливки	Значение по КД, мм	Огнеупорный наполнитель стержня	Значение по горизонтали (ось X), мм	Значение по вертикали (ось Y), мм
1	310±2,5	Облицовочный слой – хромит наполнительный – кварц	311,9	312,5
2			312,4	312,2
3			312,8	312,6
4			312,7	312,5
5			312,5	312,6

В настоящее время на основании полученных сведений о локальном перегреве стержня разрабатываются технологические решения по изменению конструкции и расположения прибулей, а также применения вспомогательных добавок неорганического, органического и гибридного происхождения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Одарченко И. Б. Механизмы формирования поверхности отливок в зоне контакта металл-литейный стержень / И. Б. Одарченко, И. Н. Прусенко // *Литье и металлургия*. 2016. № 4 (85). С. 32–37.
2. Пивинский Ю. Е. Кварцевая керамика / Ю. Е. Пивинский, А. Г. Ромашин. М.: Металлургия, 1974. 264 с.

## REFERENCES

1. Odarchenko I. B., Prusenko I. N. Mehanizmy formirovaniya poverhnosti otlivok v zone kontakta metall-litejnyj sterzhen' [Consideration of mechanisms of forming the surface of castings in the zone contact metal-mold core]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2016, no. 4 (85), pp.32–37.
2. Pivinskij Ju. E., Romashin A. G. *Kvarcevaja keramika* [Quartz ceramics]. Moscow, Metallurgija Publ., 1974. 264 p.