

## Применение псевдооживленного слоя в технологическом процессе производства отливок в вакуумируемых формах

*Предложен способ охлаждения отливок в литейной форме с применением псевдооживленного слоя. Приведены результаты экспериментов, показывающие эффективность применения данного способа для охлаждения отливок, изготавливаемых в вакуумируемых формах.*

**Ключевые слова:** скорость охлаждения, псевдооживленный слой, вакуумируемая песчаная форма, сжатый воздух, теплообмен

Известные достоинства техники псевдооживленного слоя обусловили его широкое применение во многих отраслях промышленности, среди которых и литейное производство. Так, например, в литейных цехах сушка песка и охлаждение оборотной формовочной смеси чаще всего проводится в псевдооживленном слое. Не так давно появился новый способ приготовления стержневых смесей, в котором осаждение связующего на поверхность песка осуществляется в псевдооживленном слое [1].

В практике термической обработки металлических изделий распространено использование псевдооживленного слоя в качестве греющей или закалочной среды. Такое применение обусловлено возможностью изменения гидродинамического состояния и тепловых свойств, что позволяет регулировать процессы охлаждения или нагрева в псевдооживленном слое [2]. Так исследование, описанное в работе [3], показало эффективность нагрева алюминиевых отливок в псевдооживленном слое для термообработки. Авторами совместного труда [4] отмечено, что использование псевдооживленного слоя в качестве охлаждающей среды является перспективным для проведения охлаждения с меньшими напряжениями в деталях, особенно сложной конфигурации.

Вышеизложенное натолкнуло на мысль проводить охлаждение отливок непосредственно в литейной форме с применением псевдооживленного слоя. Поскольку привести в псевдооживленное состояние можно лишь формовочный наполнитель, используемый без связующего, то применение такого способа охлаждения отливок представляется возможным для литья по газифицируемым моделям и вакуумно-плёночной формовки, где упрочнение песка происходит под действием вакуума. В частности, в основе литья по газифицируемым моделям лежит процесс получения отливок путём заполнения жидким металлом в вакуумируемые формы с пенополистироловой моделью, которая под действием теплоты жидкого металла газифицируется. При этом модель замещается жидким металлом, который впоследствии кристаллизуется и затвердевает в вакуумируемой форме из несвязанного кварцевого песка. Вакуумирование кварцевого песка перед заливкой, в период заливки и

кристаллизации металла обеспечивает прочность формы за счёт перепадов давлений в атмосфере и самой форме, которое равно  $0,05 \pm 0,09$  Мпа [5]. При этом подачу сжатого воздуха в форму начинали после прекращения вакуумирования. Особенностью предложенного способа является то, что, находясь в псевдооживленном состоянии, взаимодействующие фазы интенсивно перемешиваются в объёме зернистого слоя, и наблюдается высокая интенсивность междуфазного теплообмена.

На основе изложенных ниже исследований данный способ охлаждения отливок в литейной форме был запатентован [6].

Целью данной работы было определение возможности охлаждения отливок в литейной форме с использованием псевдооживленного слоя, а также определение эффективности данного способа.

Для определения эффективности предлагаемого способа были проведены сравнительные эксперименты. В первом варианте отливка охлаждалась в песчаной форме без каких-либо воздействий. Во втором варианте отливка охлаждалась в псевдооживленном слое песка, находясь в литейной форме.

Общая схема литейной формы, которая использовалась для экспериментов, показана на рис. 1. Литейная форма включает контейнер 1 с установленной в нижней части сеткой 4, которая предотвращает просыпание песка в полость, образующуюся под сеткой. Для вакуумирования формы полость сообщается с вакуупроводом при помощи штуцера 5.

Цилиндрическую отливку 3 массой 1,5 кг изготавливали путём заливки алюминиевого расплава в литейную полость, которую получали, используя приёмы вакуумно-плёночной формовки. Размер основной фракции кварцевого песка составлял 0,16 мм, а масса песка в форме – 24 кг. Для регистрации температуры в форме и отливке были установлены две термопары 2. Начальная температура песка и окружающей среды составляла 16 °С. Температура заливки расплава 670 °С.

В первом варианте опытов расплав заливали в литейную форму, наполнитель которой упрочнялся за счёт вакуума, подключенного к нижней полости контейнера. После полного затвердевания отливки вакуум от формы отключали, и охлаждение отливки

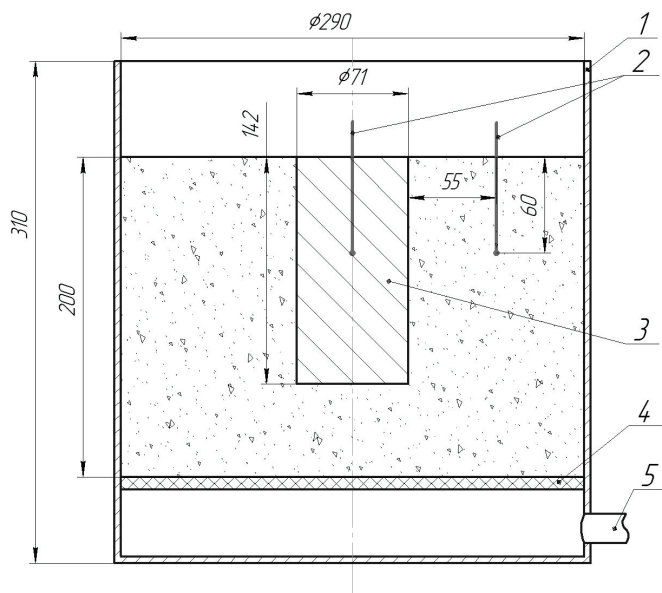


Рис. 1. Схема литейной формы

проходило без каких-либо внешних воздействий. При этом регистрировали показания термопар.

Во втором варианте опытов, так же как и в первом, заливали расплав в вакуумируемую форму. После полного затвердевания отливки вакуум отключали от контейнера и включали подачу сжатого воздуха. Увеличивая расход воздуха до минимально необходимого значения, добивались псевдооживления песка. Подача сжатого воздуха в форму для псевдооживления песка продолжалась, пока температура отливки не достигала заданного значения.

Результаты измерений температуры отображены на рис. 2. Кривая 1 показывает изменение температуры отливки при её охлаждении без воздействий, а кривая 2 – изменение температуры песка формы на расстоянии 55 мм от отливки при тех же условиях. Изменение температуры отливки при её охлаждении в псевдооживленном слое отображает

кривая 3, а изменение температуры песка формы – кривая 4.

Данные термографического анализа показали, что при спокойном охлаждении скорость охлаждения отливки постепенно падала и составила 0,12 °C/c (в интервале температур 625-450 °C), 0,11 °C/c (в интервале температур 450-360 °C), 0,06 °C/c (в интервале температур 360-26 °C), 0,037 °C/c (в интервале температур 260-200 °C), 0,023 °C/c (в интервале температур 200-160 °C), 0,013 °C/c (в интервале температур 160-110 °C).

При охлаждении отливки в псевдооживленном слое песка значение скорости охлаждения отливки имеет такие значения, °C/c: 2,92; 2,25; 1,78; 1,0; 0,56 в вышеуказанных интервалах температур соответственно.

Сравнивая параметры охлаждения отливки в двух вариантах, следует отметить, что скорость охлаждения отливки в псевдооживленном слое в 14...24 раза выше, чем скорость охлаждения без каких-либо внешних воздействий.

Температура в точке формы на расстоянии 55 мм от отливки при спокойном охлаждении сначала постепенно растёт и, достигнув максимума в 103 °C за 90 мин, постепенно снижается. В то время как температура в той же точке формы при псевдооживлении песка за 1 мин и 20 с увеличивается до 138 °C, а затем наблюдается снижение температуры. Такое явление объясняется тем, что во время псевдооживления песка происходит интенсивное его перемешивание и выравнивание температуры песка по объёму формы.

Следует отметить, что для достижения отливкой температуры 150 °C потребовалось 12,5 мин при охлаждении в псевдооживленном слое и 2 ч 15 мин при спокойном охлаждении. Это говорит о том, что, охлаждая отливку в псевдооживленном слое, общее время охлаждения удалось сократить почти в 11 раз.

Проведённые исследования подтверждают возможность практической реализации способа охлаждения

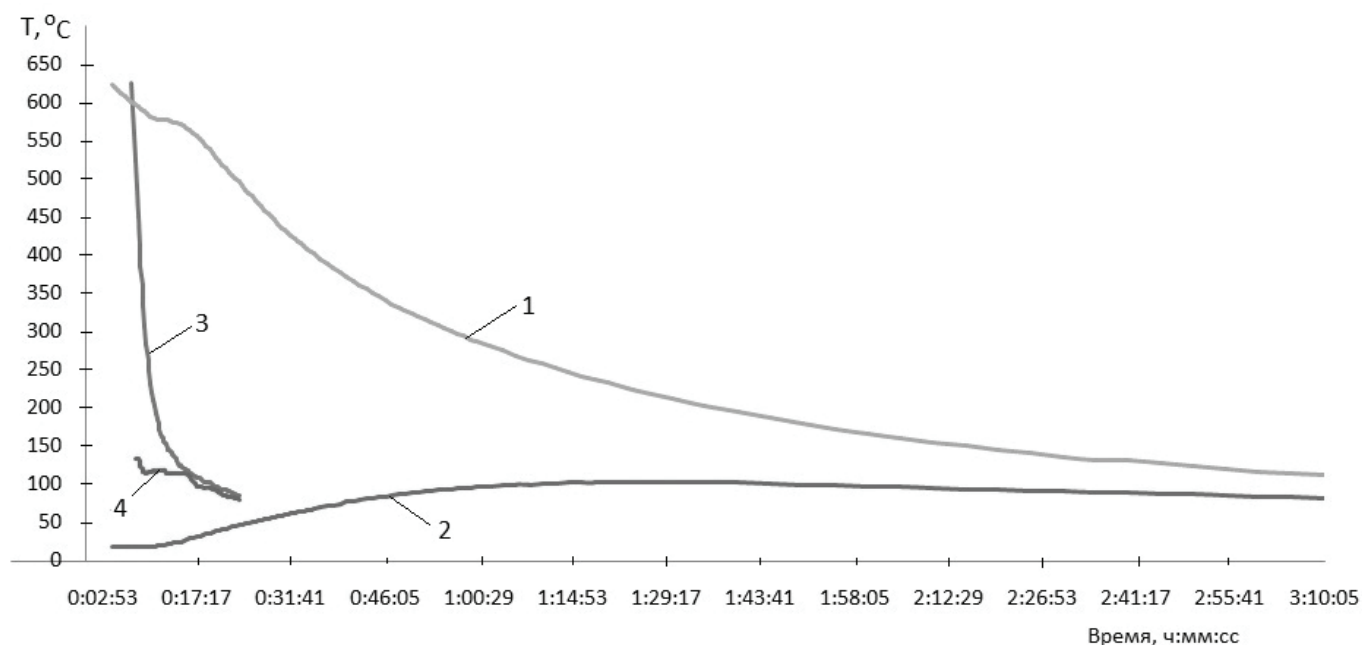
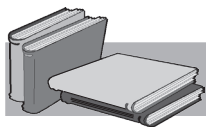


Рис. 2. Кинетика охлаждения (нагрева) отливки и песка

отливки в псевдооживленном слое, который создаётся непосредственно в литейной форме. Установлено, что данный способ охлаждения позволяет значительно увеличить скорость охлаждения отливки за счёт высокого теплообмена отливки и псевдооживленного

слоя. Сокращение времени на операцию охлаждения отливки в литейной форме позволяет значительно сократить производственный цикл и при этом повысить качество литья.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 2397838 РФ, МПК В22С 1/00. Способ приготовления стержневых смесей / В. М. Грузман. – Оpubл. 27.08.2010, Бюл. № 24.
2. *Заваров А. С.* Термическая обработка в кипящем слое / А. С. Заваров, А. П. Баскаков, С. В. Грачёв. – М.: Металлургия, 1981. – 84 с.
3. *Ragab Kh. A.* Influence of fluidized sand bed heat treatment on the performance of Al-Si cast alloys / Kh. A. Ragab, A. M. Samuel, A. M. A. Al-Ahmari, F. H. Samuel, H. W. Doty // *Material and Design* № 32, 2011. – P. 1177-1193.
4. *Дворецкий С. И.* Техника и технологии псевдооживления: процессы термообработки и вулканизации / С. И. Дворецкий, В. Н. Королев, С. А. Нагорнов, В. П. Таров. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 232 с.
5. *Шалевская И. А.* Использование прогрессивных технологий, обеспечивающих снижение вредного воздействия литейного производства на окружающую среду // *Литейщик России*. – 2015. – № 1 – С. 37-39.
6. Патент 97151 Украины, МПК В22D 27/04. Способ охлаждения отливок в литейной форме / П. Б. Калюжный, А. Н. Голофаев, Ю. И. Гутько. – Оpubл. 10.03.2015, Бюл. № 5.

### Анотація

*Шалевська І. А., Калюжний П. Б.*

**Застосування псевдозрідженого шару в технологічному процесі виготовлення виливків у вакуумованих формах**

*Запропоновано спосіб охолодження виливків в ливарній формі з використанням псевдозрідженого шару. Наведено результати експериментів, що показують ефективність застосування даного способу для охолодження виливків, які виготовляються в вакуумованих формах.*

### Ключові слова

*швидкість охолодження, псевдозріджений шар, вакуумована піщана форма, стиснене повітря, теплообмін*

### Summary

*Shalevskaya I., Kaliuzhnyi P.*

**Fluidized bed application of in technological process of casting production in vacuumized moulds**

*A method of casting cooling in mould using fluidized bed is proposed. Experimental results, which showing the effectiveness application of present method for cooling castings produced in vacuumized moulds, are given.*

### Keywords

*cooling speed, fluidized bed, vacuumized sand mould, compressed air, heat exchange*

Поступила 06.04.2015