

## Принципы конструирования опочной оснастки для ускоренного охлаждения отливок, получаемых литьём в вакуумируемые формы

Описаны особенности конструирования опочной оснастки для литья по газифицируемым моделям с применением ускоренного охлаждения отливок. Приведённые рекомендации основываются на специфике метода псевдооживления с учётом минимальных энергозатрат и высокой экологичности.

**Ключевые слова:** ЛГМ, ускоренное охлаждение, псевдооживление, опочная оснастка, вакуумный контур, литейный контейнер, энергоэффективность

Современные требования производителей литья основываются на минимизации ресурсо- и энергозатрат при повышении экологической культуры производства и обеспечении необходимого качества литья. Наиболее полно данным требованиям соответствует способ литья по газифицируемым моделям (ЛГМ) в вакуумируемые формы. Весомым преимуществом данного способа литья является возможность управлять процессами затвердевания и охлаждения отливок. Существующие методы интенсификации охлаждения отливок в вакуумируемых формах описаны в работе [1]. Наиболее эффективным является способ [2], в котором интенсивное охлаждение отливки в форме происходит за счёт псевдооживления сыпучего огнеупорного наполнителя. Псевдооживленный слой в форме создаётся под действием кинетической энергии потока газа, направленного снизу вверх. Основными преимуществами метода псевдооживления является интенсивное перемешивание частиц, приводящее к выравниванию температур в объёме псевдооживленного слоя, и высокие значения коэффициентов теплоотдачи от отливки к слою.

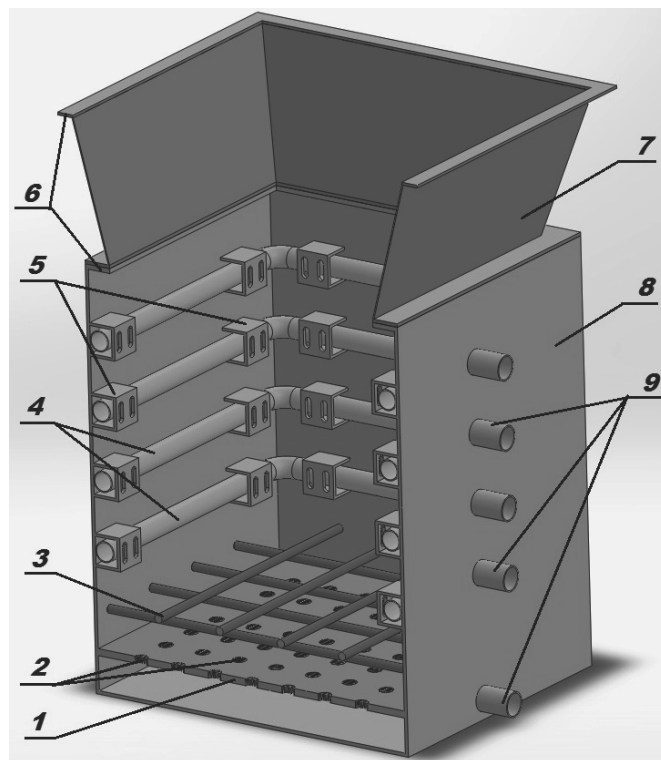
Принципы проектирования и существующие конструкции контейнеров для ЛГМ описаны в работе [3]. Для способа литья в вакуумируемые формы с ускоренным охлаждением отливок опочная оснастка должна отвечать не только требованиям литейной технологии, но и обеспечивать максимальное использование преимуществ метода псевдооживления.

На этапе формовки и заливки функции опочной оснастки остаются теми же: поддерживать заданный режим вакуумирования, быть ёмкостью для удобного засыпания-высыпания, удержания и уплотнения песка литейной формы, фиксирующего фасонную поверхность отливки и служащего опорой для залитого жидкого металла. На этапе охлаждения отливки создание псевдооживленного слоя обеспечивается газораспределительной решёткой, размещённой в донной части контейнера. Конструкция решётки литейного контейнера отличается от решёток, которые используются в аппаратах кипящего слоя для сушки песка, где загрузка песка производится после вклю-

чения подачи воздуха. В литейном контейнере песок должен на стадии формовки и заливки иметь определённую прочность, поэтому газораспределительная решётка должна быть жёсткой и не допускать просыпания песка. Также конструкция решётки должна обеспечивать равномерную подачу потока газа, оживляющего слой.

На рисунке приведена одна из возможных конструкций контейнера, который может использоваться для ускоренного охлаждения отливок при ЛГМ в вакуумируемые формы.

В качестве газораспределительной решётки может служить плита с отверстиями 1, в которые вставлены



Контейнер для ускоренного охлаждения отливок: 1 – газораспределительная решётка; 2 – венты; 3 – поддерживающая решётка; 4 – гибкие спиральные трубы; 5 – поддерживающий профиль; 6 – усилительные рёбра; 7 – наполнительная рамка; 8 – контейнер; 9 – штуцера

венты 2 (см. рисунок). Также решётка может быть выполнена из листа металла с отверстиями, накрытого мелкой металлической сеткой. Отношение площади отверстий к площади всей решётки, так называемое живое сечение, должно иметь определённое значение.

Решётка, расположенная в донной части контейнера, служит не только газораспределительным устройством для псевдоожижения песка, но и используется при вакуумировании формы на этапах формовки и заливки. Основные вакуумные контуры должны быть размещены на боковых стенках контейнера. Они могут представлять собой встроенные в стенки фильтры из металлической сетки или быть выполнены из гибких спиральных труб 4 или иной конструкции (см. рисунок). Контейнер может иметь несколько вакуумных контуров, расположенных на разном уровне. Все вакуумные контуры и полость под газораспределительной решёткой должны быть изолированы друг от друга и иметь индивидуальный подвод 9 вакуума (воздуха) (см. рисунок). Такая конструкция опочной оснастки позволит при литье разной номенклатуры отливок задействовать необходимое количество вакуумных контуров или же производить вакуумирование формы по заданному режиму.

Немаловажным фактором при конструировании контейнера, который будет использоваться для ускоренного охлаждения отливок, является отношение его высоты к диаметру (стороне). При малых отношениях высоты к диаметру при псевдоожижении песка легко возникают неоднородности в распределении потока по сечению. В таком неоднородном псевдоожиженном слое отливка будет охлаждаться неравномерно. Для получения однородного псевдоожижения отношение высоты к диаметру контейнера должно быть больше единицы.

Технологический процесс, в котором применяется охлаждение отливок в псевдоожиженном слое, в отличие от традиционного способа ЛГМ, требует дополнительных энергетических затрат. Данные затраты, в первую очередь, связаны с использованием воздуха или иного газа для создания псевдоожиженного слоя в форме. Поэтому опочная оснастка должна обеспечивать оптимальные энергетические затраты на создание псевдоожиженного слоя при сохранении высокой эффективности процесса теплообмена отливки и псевдоожиженного песка.

Одним из параметров, влияющих на эффективность и энергозатраты, является живое сечение газораспределительной решётки. Согласно данным работы [4] живое сечение газораспределительной решётки должно быть 8-13 %. Использование решёток с большим живым сечением уменьшает энергетические затраты на прокачку воздуха, однако тогда в псевдоожиженном слое наблюдаются неоднородности, а это приводит к снижению интенсивности теплообмена отливки и слоя. Если использовать решётки с меньшим живым сечением, то однородность слоя будет высокой. Но при этом увеличится сопротивление решётки, и для обеспечения высокой интенсивности процесса теплообмена энергозатраты на прокачку воздуха возрастут.

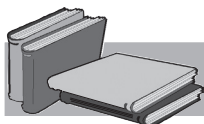
Интенсивность охлаждения отливки в псевдоожиженном слое регулируется и зависит от скорости

потока оживающего газа. Скорость потока газа определяется как отношение объёмного расхода газа к сечению контейнера. Из этого следует, что уменьшение площади сечения контейнера при одной скорости потока газа приводит к уменьшению его расхода и, соответственно, к снижению затрат энергии на прокачку газа. Поэтому немаловажным параметром в минимизации энергозатрат на псевдоожижение песка при поддержании высоких коэффициентов теплоотдачи является соотношение размеров контейнера и отливки. Проще говоря, охлаждение мелких отливок в псевдоожиженном слое большого объёма может оказаться экономически нецелесообразным. На основе проведённых исследований автор работы [4] рекомендует, чтобы соотношение между линейными размерами (в поперечном сечении) контейнера и отливки было в пределах 2,0...2,3, а объём насыпного слоя превышал объём отливки примерно в 18-24 раза.

При переходе из неподвижного состояния в псевдоожиженное порозность и высота слоя увеличиваются. Для предотвращения высыпания песка необходимо на верх контейнера устанавливать наполнительную рамку 7, расширяющуюся вверх (см. рисунок). При конструировании опочной оснастки необходимо учитывать, что при псевдоожижении песка отливка будет опускаться на дно. Опустившаяся на газораспределительную решётку отливка повлияет на характер распределения потоков газа в слое, что повлечет неравномерное охлаждение частей отливки. Во избежание этого в контейнере на некотором расстоянии от газораспределительной решётки устанавливается поддерживающая решётка 3 (см. рисунок).

Поскольку в формовочном песке присутствует пылевидная фракция, то при псевдоожижении песка из контейнера могут быть унесены пылевидные частицы, скорость витания которых больше средней скорости газового потока в контейнере. Для предотвращения попадания пыли в атмосферу литейного цеха необходимо над контейнером устанавливать вытяжной зонтик. Данное мероприятие позволит повысить не только экологическую культуру процесса, но и частично удалить пылевидную фракцию из песка, тем самым улучшить качество формовочного материала, а значит и получаемых в нём отливок.

Таким образом, правильно сконструированная опочная оснастка будет обеспечивать получение бездефектных и качественных отливок. А выбор оптимального соотношения объёмов отливки и песка, величины живого сечения решётки, размеров и конструкции контейнера позволит эффективно воздействовать на процессы затвердевания и охлаждения отливки при минимальных энергозатратах.



## ЛИТЕРАТУРА

1. *Калюжный П. Б.* Способы интенсификации охлаждения отливки в вакуумируемой форме // *Литейщик России*. – 2014. – № 11. – С. 27-30.
2. 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.
3. *Дорошенко В. С.* Современные тенденции конструирования опочной оснастки для литья по газифицируемым моделям / В. С. Дорошенко, К. Х. Бердыев // *Металл и литьё Украины*. – 2011. – № 4. – С. 24-29.
4. Техника и технологии псевдооживления: процессы термообработки и вулканизации / С. И. Дворецкий, В. Н. Королёв, С. А. Нагорнов, В. П. Таров. – М.: Машиностроение-1, 2006. – 232 с.

### Анотація

*Калюжный П. Б., Шалевська І. А.*

Принципи конструювання опочної оснастки для прискороного охолодження виливків, які отримують литтям у вакуумовані форми

*Описано особливості конструювання опочної оснастки для ЛГМ з використанням прискороного охолодження виливків. Рекомендації, які приведені, базуються на специфіці методу псевдозрідження з урахуванням мінімальних енерговитрат і високої екологічності.*

### Ключові слова

*ЛГМ, прискорене охолодження, псевдозрідження, опочна оснастка, вакуумний контур, ливарний контейнер, енергоефективність*

### Summary

*Kaliuzhnyi P., Shalevska I.*

Design principles of flask equipment for accelerated cooling of castings obtained by casting in vacuumized moulds

*The designing features of flask equipment for Lost-Foam casting using accelerated cooling of castings are described. Given recommendations are based on specific of fluidization technique in view of minimal energy costs and high ecological compatibility.*

### Keywords

*Lost-Foam casting, accelerated cooling, fluidization, flask equipment, vacuum circuit, casting container, energy efficiency.*

Поступила 05.10.2015