

УДК 621.74.045

В. С. Дорошенко, И. О. Шинский

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

МЕТОДЫ ВЫЖИГАНИЯ ИЛИ ГАЗИФИЦИРОВАНИЯ ПЕНОПОЛИСТИРОЛЬНОЙ МОДЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАКУУМА И ВЕНТИЛЯЦИИ ПЕСЧАНОЙ ФОРМЫ ПРИ ТОНКОСТЕННОМ ЛИТЬЕ

Предложены способы выжигания или газифицирования модели с естественной или принудительной вентиляцией полости формы за счёт вакуумирования песчаной среды формы. Эти меры уменьшают воздействие продуктов деструкции модели на процесс литья, а также способствуют их окислению без загрязнения воздуха цеха.

Ключевые слова: литьё по газифицируемым моделям, выжигание, песчаная форма, пенополистирол, вентиляция формы, вакуумирование формы, дожигание газов.

Запропоновано способи випалювання або газифікування моделі з вільною або примусовою вентиляцією порожнини форми за рахунок вакуумування піщаного середовища форми. Ці заходи зменшують вплив продуктів деструкції моделі на процес лиття, а також сприяють їхньому окисненню без забруднення повітря цеху.

Ключові слова: лиття за моделями, що газифікуються, випалювання, піщана форма, пінополістирол, вентиляція форми, вакуумування форми, допалювання газів.

There are suggested the methods of burning or gasification of model with natural or forced ventilation of the mold cavity due to the vacuumizing sand mold. These measures reduce the effects of degradation products of the model to casting process as well as contribute to their oxidation without pollution of air.

Keywords lost foam casting, burning, sand mold, expanded polystyrene, mold ventilation, vacuumizing mold, post-combustion gases.

Процесс литья по газифицируемым моделям (ЛГМ) из пенополистирола (ППС) по точности отливок близок к литью по выплавляемым моделям, а по экономичности – сравним или превосходит литьё в сырые песчаные формы. Однако науглероживание нержавеющей и низкоуглеродистых сталей, а также повышенное давление продуктов газификации модели в полости формы нередко вызывают дефекты, в частности в отливках и из указанных сплавов и тонкостенных, ограничивая применение ЛГМ. Как удалить ППС-модель при ЛГМ (хотя бы частично) в вакуумируемой форме и понизить давление газов в полости формы?

Для ответа на поставленный вопрос решили использовать разрежение газа в порах песчаной среды такой формы, которое, упрочнив вакуумом песчаные стенки вокруг модели, способно «всосать», как пылесос, в поры песка материал модели в жидком или газообразном виде. Если в модели образовать каналы, и они будут примыкать к поверхности формы и завершаться вентями, не пропускающими песок, то по ним можно откачивать газы при заливке металла. А венты можно изготовить из легкоудаляемого материала, в частности газопроницаемой ткани, ППС [1], например заодно с моделью по фигурной поверхности модели.

Если газы отсасывают при выжигании модели в вакуумируемой форме из песка без связующего до заливки (что впервые рассматривается авторами), то венты выполняют в виде стержней с высокой газопроницаемостью (перфорированные), примыкающие снаружи к поверхности модели. Каналы в модели выполняют прожиганием проволокой из нихрома, или механической деструкцией [2], или в виде трубок из ППС, или полипропилена [3]. Так создают направленную пористость модели с вентами в тех местах формы, куда откачивают газы газифицируемой модели по каналам, сообщённым с заливаемым металлом или факелом горелки.

На рис. 1 показаны модели 1, с каналом 2 в виде трубки или отверстия, закрытого вентами 3, стояк 4 выполнен (вариант б) с полостью 5. На рис. 2 показаны приставная к модели 1 вента 2, канал-выпор 3, полости питателя 4 и стояка 5. Каналы в виде отверстия с вентами могут быть конусными при изготовлении модели в пресс-форме с конусной вставкой. Разовые модели выполняют из ППС спеканием гранул ППС в пресс-форме. Возможно изготовление моделей из льда замораживанием водной композиции

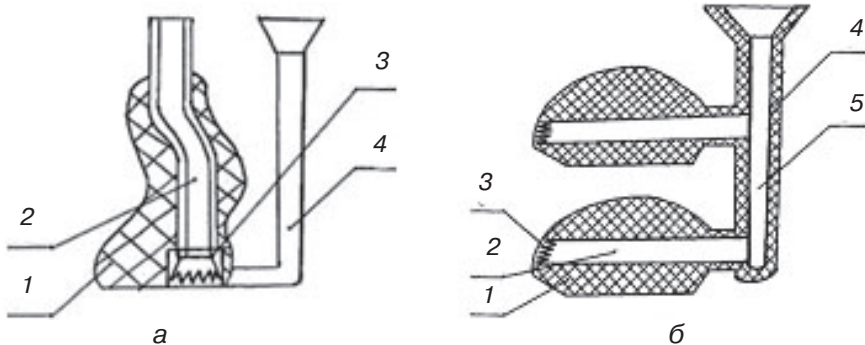


Рис. 1. Конструкции моделей с каналами и вентами: 1 – модель; 2 – канал в виде трубки или отверстия; 3 – вента; 4 – стояк; 5 – полость

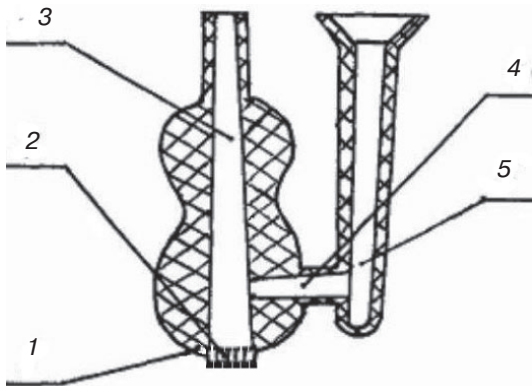


Рис. 2. Конструкция модели с приставной вентой: 1 – модель; 2 – вента; 3 – канал выпора; 4 – канал питателя; 5 – канал стояка

в пресс-форме. Затем вентиляционные каналы освобождают от формирующих вставок. Смыкание двух каналов показано на рис. 2, а тонкая фильтровальная бумага, или х/б ткань в виде венты 2 наклеена на дно канала 3 модели 1, либо вента 2 может быть приставленным к каналу 3 газопроницаемым песчаным стержнем из смеси со связующим. Канал 4 примыкает к каналу 3 и к каналу 5 после приклеивания к модели 1 вертикального стояка. При заливке металлом по ЛГМ-процессу с одной стороны, полости каналов сообщены с атмосферой, что снимает избыток давления газа и подаёт воздух для горения, окисляя углерод, а с другой стороны – через венту металл

подвергается действию вакуума формы, увеличивая скорость заполнения расплавленным металлом формы.

В случае (рис. 1, б) при заливке металл подвержен вакуумному всасыванию от проникновения через венты вакуума формы, что устраняет недоливы формы, наиболее характерные для тонкостенных отливок. В случае выжигания модели из полости формы перед заливкой используют поток нагретого газа вдоль канала к венте так, что над каналом стояка и выпора ставят источник тепла, например, факел горелки или поток горячего воздуха от строительного фена. В частности для крупных моделей и каналов ацетиленовую горелку рекомендуется постепенно опускать в канал, из которого откачиваются газы, иначе затруднительно было бы поддерживать пламя без интенсивного отвода продуктов горения через венту в конце канала. Пламя втягивается в канал модели и выжигает её, а продукты деструкции модели впитываются в поры песчаной стенки полости формы и далее в вакуумную систему цеха, но частично конденсируются и укрепляют форму аналогично вакуумно-плёночной формовке.

Краска низкой газопроницаемости, перенесённая с модели на стенки формы, способствует герметизации полости формы. При выплавке ледяной модели поток по каналу воздуха из атмосферы цеха вместе с теплом песка температурой ~20 °С плавит эту модель, освобождая полость для заливки. Вакуумом формы направляют поток теплоносителя, упрочняют песок и изолируют газы от воздуха цеха.

Способ [3] имеет 8 вариантов применения, рекомендован для лопаток ГТД с выжиганием ППС по продольному каналу вдоль модели (в течение до 1-3 мин) непосредственно перед заливкой в вакуумируемую форму. При этом процесс выжигания нагревает форму со стороны полости (возможен также вариант прокаливания поверхностного слоя формы), не требуется перегрев металла на газификацию ППС. Короткий цикл выжигания не даёт эрозии формы от потока газа и предотвращает науглероживание металла. А варианты специального подвода вакуума в дальние от питателя (порой плохо проливаемые места) полости формы обеспечат повышенную способность формозаполнения, полезную для тонкостенных отливок.

Рассмотрим ещё один способ заливки формы металлом с вентиляцией полости формы, отталкиваясь от изобретения-прототипа [4] с интерпретацией его для литья тонкостенных отливок, при котором газовые эффекты чаще всего могут привести к порокам отливок. Согласно прототипу, выполнением в модели и форме при ЛГМ (Full Mold & Lost Foam) выпоров с каналом, который пересекает струя заливаемого металла, достигают того, что первый заливаемый металл с верхним подводом прожигает канал в модели и создает свободный выход газов из формы от зеркала металла. Это повышает качество отливок за счёт оптимизации деструкции пенополистирола. Вентиляция зазора «металл-модель» с начала и до конца заливки уменьшает насыщение им расплава при сохранении скорости подъёма металла в форме, отвод газов при деструкции модели и их сжигание на воздухе с образованием углекислого газа и паров воды снижает парциальное давление углерода в газовой фазе. Заливка выполняется без избыточного давления газов в полости формы и опасности выплеска металла.

В развитие этого способа ЛГМ [4] со средствами вентиляции песчаной формы – достаточно сложной системой каналов в разовой модели и выпоров, а также с дожиганием выходящих из формы газов, предложено описанное ниже техническое решение, упрощающее систему вентиляции применительно к легковесным отливкам (рис. 3). Оно предназначено для получения тонкостенных отливок типа лопастей (рис. 3, в), лопаток ГТД с питающими верхними прибылями при минимизации литниковой системы с целью металлосбережения и упрощения конструкции системы вентиляции.

Предложена схема заливки металла (рис. 3, а, б) в полость 1 открытой прибыли

с каналом 2, но не открытой струей металла, а через дозирующую воронку 3. Полость 1 может быть заполненной газифицируемой моделью или быть частью полой оболочковой формы.

В любом случае канал 2 (например, в виде борозды на стенке формы или воронки) играет роль выпора и обеспечивает вентиляцию струи и зеркала металла в полости формы. Воронка 3 может быть выполнена из деталей шамотного печного или стопорного припаса и использоваться многократно. Возможен вариант, при котором в конце заливки формы воронку могут извлекать и переставлять на другую аналогичную открытую прибыль, а в прибыль доливать металл. При ЛГМ воронка, нагретая выше 200-300 °С, проплавит пенополистирольную модель и канал 2 (рис. 3, а) и обеспечит вентиляцию формы. Канал 2 можно выполнить в стенке воронки (рис. 3, б), например, изготовив её из формовочной смеси.

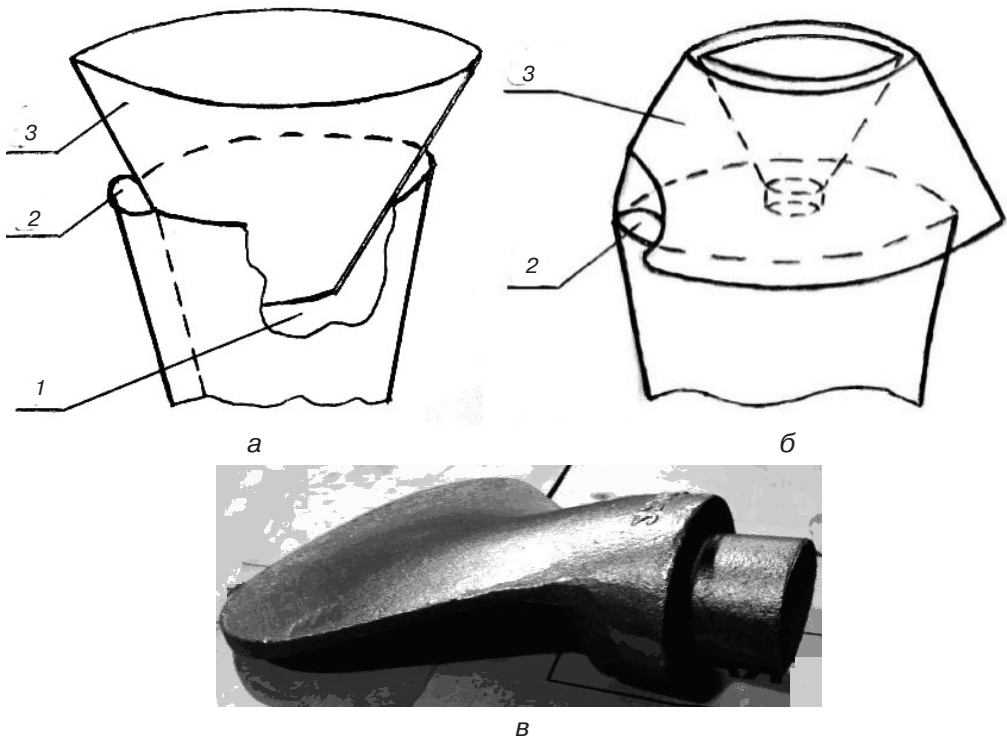


Рис. 3. Схемы заливки через приставную воронку (а, б) и пример отливки лопасти (в)

По ободу на торце открытой прибыли во избежание поломки оболочковой или деформации вакуумируемой формы можно устанавливать проволочный обод, каркас или решётку, на которые устанавливать воронку. С таким каркасом её можно переставлять на другое отверстие. Если в одном контейнере выполнена многоместная форма с несколькими отверстиями под заливку и засыпана песком с общим контрландом, то, переставляя одну шамотную воронку, можно залить все полости. Воронка обеспечивает функцию дозатора металла и выпора, экономя металл на литниковой системе и обязательных для вентиляции выпорах, согласно прототипу [4]. Также упрощается изготовление оболочковой формы (без стоячков, питателей, трубчатых выпоров), например длинномерной лопасти с обеспечением вентиляции, как при литье по способам Full Mold & Lost Foam, так и в полые формы, из смеси со связующим или оболочковые. Такой способ вентиляции может быть полезен и для кокилей.

Однако для вакуумируемой формы из песка без связующего с пенополистирольной моделью систему вентилируемой воронки следует применять при соблюдении рекомендуемой скорости подъёма металла в полости формы (согласно минимальному проходному сечению канала литниковой системы, дозирующего расход металла) [5], а также с учётом поддержания газодинамического баланса [6]. Последнее условие обеспечивает необрушение песка при газификации модели. Разовая модель в этом случае, кроме формообразования отливки, выполняет функцию герметизатора песчаной среды вакуумируемой формы. И при её газификации или сжигании стенка формы должна герметизироваться противпригарной краской низкой газопроницаемости (наносимой на модель и удерживаемой вакуумом на поверхности формы после деструкции модели) или залитым в форму металлом.

На рис. 4 показаны случаи брака из-за обрушения песка формы, а на рис. 5 – по причине попадания продуктов деструкции модели в поверхностные или внутренние слои стенки отливки. Осыпание песчаного «болвана» (рис. 4, а) в зоне подвода металла произошло из-за недостаточного отсоса газов из «болвана» и быстрой заливки металла.

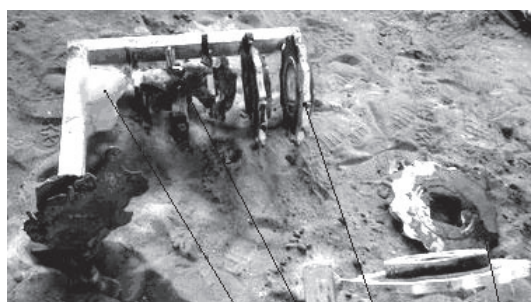
Для его устранения следует при формовке разместить в толще песка гибкие вакуум-фильтры над местом осыпания, отрегулировать скорость заливки и нанести дополнительный слой краски на модель в зоне осыпания. Осыпание у стояка с образованием «нароста» металла 1 (рис. 4, б), вероятнее всего, произошло из-за того, что он не был окрашен, а также по причине излишне массивной литниковой системы. Заливаемый металл удалил модель, до момента заполнения массивного стояка его стенка оказалась без герметизации и обрушилась, что привело к попаданию песка в тело ближайших отливок 2, дальнейшие отливки оказались годными 3.

Для предотвращения дефектов (рис. 5) от попадания продуктов деструкции модели в поверхностные и внутренние слои стенки отливки среди мер, относящихся к формовке, как раз и служат меры по вентиляции полости формы для снижения давления и свободного выхода продуктов деструкции за пределы полости формы (рис. 1-3). А для вывода в зону прибыли возможных шлаковых включений и газо-усадочных пор способствуют меры подвода горячего металла в зону прибыли (рис. 3) [7]. Вакуумирование через венты вблизи тонких частей отливки будет способствовать предотвращению их недоливов и заполнению стенок толщиной до 1,5-2,0 мм.

Предложенные способы литья за счёт «укорочения» литниковой системы, кроме уменьшения расхода металла, обеспечивают снижение потерь тепла металла

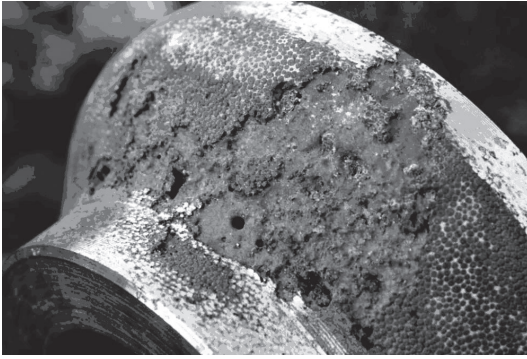


а

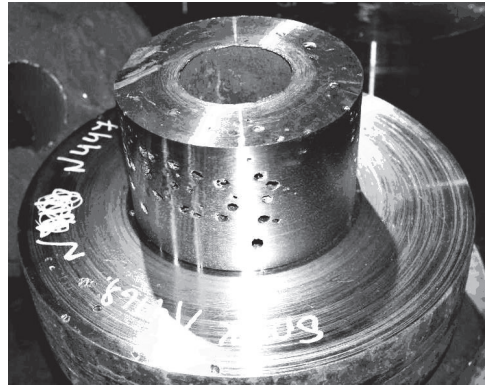


б

Рис. 4. Примеры брака от обрушения песка формы в центре отливки (а) и у стояка (б): 1 – след на стояке от осыпания песка; 2 – бракованные от засора отливки; 3, 4 – годные отливки



а



б

Рис. 5. Дефекты попадания продуктов деструкции модели в поверхностные (а) или внутренние слои стенки отливки (б)

на её стенках и степени его перегрева в печи, повторное использование нагретой приставной воронки также даст экономию тепла металла с учётом возможности доливки в открытую прибыль. Съёмные воронки используют при серийном литье алюминия по ЛГМ-процессу в сочетании с изостатическим прессованием [8]. Однако в нашем случае способ заливки с рекомендованной авторами вентиляцией и пропусканием избытка газов встык с нагретой металлом воронкой (или по каналу в ней) вблизи струи металла обеспечивает зажигание их без попадания в воздух цеха не окисленных продуктов деструкции модели. Воронка также служит экраном от случайных выплесков металла.

Описанные способы расширяют возможности ЛГМ для тонкостенного литья, обладают ресурсоэффективностью с элементами металлосбережения, энергосбережения на снижении перегрева металла, экономии формовочных материалов, вентиляции формы и дожигания газа, снижающего загрязнение воздуха литейного цеха.



Список литературы

1. Патент Украина 81013, МПК В22С 9/02. Способ изготовления формы по одноразовой модели с формообразующей полостью, которая заполняется песком / О. И. Шинский, В. С. Дорошенко. – Оpubл. 2013, Бюл. 12.
2. Патент Украина 91224, МПК В22С 9/02. Способ формовки по разовым моделям / О. И. Шинский, В. С. Дорошенко, О. В. Нейма. – Оpubл. 2014, Бюл. № 12.
3. Патент Украина 80656, МПК В22С 7/00, В22С 9/02. Модель для вакуумной формовки / О. И. Шинский, В. С. Дорошенко. – Оpubл. 2007, Бюл. № 16.
4. Патент Украина 67906, МПК В22 С9/04. Способ литья по газифицируемым моделям / О. И. Шинский, В. С. Шульга, И. О. Шинский и др. – Оpubл. 2007, Бюл. 14.
5. Шуляк В. С. Литьё по газифицируемым моделям. – СПб.: НПО «Профессионал», 2007. – 408 с.
6. Дорошенко В. С. Газодинамический баланс в песчаной форме при литье по газифицируемым моделям / В. С. Дорошенко, К. Х. Бердыев // Литьё Украины. – 2016. – № 4. – С. 20-24.
7. Дорошенко С. П. Трехединый подход к формированию направленных газового, усадочного и противопригарно-прочностного режимов при литье в песчаную форму / С. П. Дорошенко, О. И. Шинский, В. С. Дорошенко // Процессы литья. – 2007. – № 3. – С. 9-13.
8. Дорошенко В. С. Автоматизация изостатического прессования затвердевающей отливки при ЛГМ / В. С. Дорошенко // Процессы литья. – 2016. – № 1. – С. 33-37.



References

1. Patent of Ukraine 81013, MPK V22S 9/02. Sposob izgotovleniia formy po odnorazovoi modeli s formoobrazuiushhei polost'iu, kotoraiia zapolniaetsia peskom [*Method of making a mold using a one-time pattern with a shaping cavity that is filled with sand*] O. I. Shinskii, V. S. Doroshenko. Publ. 2013, Bull. 12. [in Russian]
2. Patent of Ukraine 91224, MPK V22S 9/02. Sposob formovki po razovym modeliam [*Method of temporary-mold casting*] O. I. Shinskii, V. S. Doroshenko, O. V. Neima. Publ. 2014, Bull. № 12.
3. Patent of Ukraine 80656, MPK V22S 7/00, V22S 9/02. Model' dlia vakuumnoi formovki [*Pattern for vacuum molding*] O. I. Shinskii, V. S. Doroshenko. Publ. 2007, Bull. № 16.
4. Patent of Ukraine 67906, MPK V22 S9/04. Sposob lit'ia po gazifitsiruemyim modeliam [*Method of lost foam casting*] O. I. Shinskii, V. S. Shul'ga, I. O. Shinskii et al. Publ. 2007, Bull. 14.
5. Shuliak V. S. Lit'io po gazifitsiruiemyim modeliam. [*Lost Foam Casting*] SPb.: NPO «Professional», 2007, 408 p.
6. Doroshenko V. S., Berdyev K. H. (2016). Gazodinamicheskii balans v peschanoi forme pri lit'ie po gazifitsiruiemyim modeliam [*Gas-dynamic balance in the sand mold for Lost Foam Casting*]. Lit'ie Ukrainy, № 4, pp. 2024.
7. Doroshenko S. P., Shinskii O. I., Doroshenko V. S. (2007). Triednyi podhod k formirovaniu napravlennykh gazovogo, usadochnogo i protivoprignoprochnostnogo rezhimov pri lit'ie v peschanuiu formu [*Three-pronged approach to the formation direction of the gas, and shrink-stick-strain modes for sand mold casting*]. Protsessy lit'ia, № 3, pp. 913.
8. Doroshenko V. S. (2016). Avtomatizatsiia izostaticheskogo pressovaniia zatverdevaiushhei otlivki pri LGM [*Automation isostatic pressing solidifying casting under Lost Foam Casting*]. Processy lit'ia, №1, pp. 3337.

Поступила 05.05.2016