



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3503198/22-02

(22) 03.09.82

(46) 15.01.84. Бюл. № 2

(72) Н.А.Кашуба, Н.С.Траймак,
Б.И.Уваров, М.В.Ситкевич и В.Е.Ливенцев

(71) Белорусский ордена Трудового
Красного Знамени политехнический
институт

(53) 621.74.04:621.74.045(088.8)

(56) 1. Патент США № 3605856,
кл. В 22 С 9/01, 1971.

2. Авторское свидетельство СССР
№ 113038, кл. В 22 С 7/02, 1958.

3. Авторское свидетельство СССР
№ 925513, кл. В 22 С 1/02, 1979.

4. Иванов В.К., Зарецкая Г.М.
Литье в керамические формы по постоянным моделям. М., "Машиностроение", 1975, с.8.

(54) (57) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК В ЛИТЕЙНЫХ ФОРМАХ ПО ПОСТОЯННЫМ МОДЕЛЯМ, включающий изготовление опорной полуформы по вспомогательной модели, размеры которой превышают размеры основной модели, отверждение, протяжку вспомогательной модели, нанесение слоя из суспензии с модифицирующей добавкой, отверждение этого слоя, протяжку основной модели, выжигание летучих компонентов из отвержденного слоя, сборку полуформ, прокалку формы, заливку, отличающийся тем, что, с целью повышения точности и чистоты отливок с поверхностно-упрочненным слоем, опорную полуформу устанавливают на промежуточную модель с образованием зазора, в который заливают суспензию с модифицирующей добавкой для образования модифицирующего слоя с последующим его отверждением, протяжкой промежуточной модели, выжиганием летучих компонентов, прокалкой при 600-850°C и охлаждением до 17-22°C, а затем устанавливают с зазором полученную опорную полуформу с модифицирующим слоем на основную модель и в зазор заливают керамическую суспензию для образования защитного облицовочного слоя, который отверждают, протягивают основную модель и прокаливают защитный облицовочный слой газовой горелкой, а после заливки собранной формы металлом ее выдерживают при 850-1100°C в течение 0,5-4 ч.

пензии с модифицирующей добавкой, отверждение этого слоя, протяжку основной модели, выжигание летучих компонентов из отвержденного слоя, сборку полуформ, прокалку формы, заливку, отличающийся тем, что, с целью повышения точности и чистоты отливок с поверхностно-упрочненным слоем, опорную полуформу устанавливают на промежуточную модель с образованием зазора, в который заливают суспензию с модифицирующей добавкой для образования модифицирующего слоя с последующим его отверждением, протяжкой промежуточной модели, выжиганием летучих компонентов, прокалкой при 600-850°C и охлаждением до 17-22°C, а затем устанавливают с зазором полученную опорную полуформу с модифицирующим слоем на основную модель и в зазор заливают керамическую суспензию для образования защитного облицовочного слоя, который отверждают, протягивают основную модель и прокаливают защитный облицовочный слой газовой горелкой, а после заливки собранной формы металлом ее выдерживают при 850-1100°C в течение 0,5-4 ч.

Изобретение относится к литейному производству, а именно к способам изготовления отливок с поверхностно-упрочненным слоем в керамических формах, изготовленных по постоянным моделям.

Известен способ изготовления форм по разовым моделям, включающий послойное нанесение керамики, введение зернистого модификатора в поверхностный рабочий слой формы и удаление модели [1].

При осуществлении известного способа на модель наносят слой суспензии пылевидного огнеупорного материала в связующем, поверхность которого присыпают зернистым модификатором, сушат и затем аналогично наносят остальные слои оболочки.

Указанный способ целесообразно использовать для поверхностного модифицирования отливок при непосредственном контакте модификатора с расплавом, в процессе которого не образуется газовой фазы. Процесс модифицирования протекает до момента образования литейной корочки, т.е. в жидком расплаве. При получении же поверхностно-упрочненных отливок, когда упрочнение происходит путем диффузионного переноса через газовую фазу, этот способ нецелесообразен, так как приводит к ухудшению чистоты поверхности отливок, к образованию газовых раковин, вследствие того, что при обсыпке добавка, обеспечивающая диффузию, пробивает тонкий слой суспензии, взаимодействует с расплавленным металлом, что приводит к ухудшению поверхности отливок, к снижению их точности, к необходимости повышения припусков на механическую обработку, в процессе которой снимается почти весь упрочненный слой.

Известен способ изготовления отливок из сталей, при котором, с целью защиты отливок от окисления и обезуглероживания, в состав керамической оболочки входят термоактивные смолы, разлагающиеся при нагреве с образованием газов, не поддерживающих окисление, например CO_2 ; CO . Такие формы имеют три зоны: облицовочную, нейтрально-восстановительную и корковую [2].

Недостатком этого способа является то, что поверхность отливок поражена газовыми раковинами, вследствие того, что газы начинают выделяться в оболочке до образования литейной корочки. Кроме того, наблюдается расслоение оболочки из-за разнородности применяемых связующих.

Известно, что для изготовления литейных форм по разовым и постоянным моделям применяют суспензию на гидролизованном этилсиликате с отвердителем и модифицирующей добавкой. Отливки, полученные в таких литейных формах, имеют чистоту поверхности 5-6 кл и глубину боридного слоя 50-100 мкм [3].

Однако в известном способе добавка, обеспечивающая диффузию, находится в непосредственном соприкосновении с расплавленным металлом, и газы, выделяющиеся при ее окислении, могут поражать отливки газовыми раковинами. Даже при образовании тонкой литейной корочки образующиеся газы пробивают ее или же в лучшем случае прогибают, искажая геометрию поверхности отливки. В момент разложения модифицирующей добавки, обеспечивающей диффузию, происходит образование борного ангидрида и легкоплавких боросиликатных эвтектик, которые заполняют имеющиеся поры в керамике и делают облицовочный керамический слой газонепроницаемым. Поэтому газы, которые образуются при разложении и окислении карбида бора - CO , CO_2 , не выходят через форму, а проникают в отливку. Кроме того, легкоплавкие эвтектики образуют химический пригар, а оплавления на поверхности формы приводят к изменению геометрии поверхности.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности и достигаемому результату является способ изготовления отливок в литейных формах по постоянным моделям, включающий изготовление опорной полуформы по вспомогательной модели, размеры которой превышают размеры основной модели, отверждение, протяжку вспомогательной модели, нанесение слоя из суспензии с модифицирующей добавкой, отверждение, протяжку модели, выжигание летучих из отвержденного слоя, сборку полуформ, прокалку формы и заливку. После выбивки отливки, полученные в формах, имеют высокие точность и чистоту поверхности [4].

Однако их поверхность имеет недостаточную твердость и износостойкость, что весьма важно для изделий, поверхность которых подвергается интенсивному износу в процессе эксплуатации. Упрочнение поверхностного слоя отливок путем модифицирования позволяет решить эти задачи без применения дорогостоящих и дефицитных легирующих материалов, используемых при объемном повышении прочности и износостойкости отливок.

Целью изобретения является повышение точности и чистоты отливок с поверхностно-упрочненным слоем.

Поставленная цель достигается тем, что, согласно способу изготовления отливок в литейных формах по постоянным моделям, включающему изготовление опорной полуформы по вспомогательной модели, размеры которой превышают размеры основной модели, отверждение, протяжку вспомогательной модели, нанесение слоя из суспензии с модифицирующей добавкой, отверждение этого слоя, протяжку основной модели, выжигание летучих компонентов из отвержденного слоя, сборку полуформ, прокаливание формы, заливку, опорную полуформу устанавливают на промежуточную модель с образованием зазора, в который заливают суспензию с модифицирующей добавкой для образования модифицирующего слоя с последующим его отверждением, протяжкой промежуточной модели, выжиганием летучих компонентов, прокалкой полуформы при 600-850°C и охлаждением до 17-22°C, а затем устанавливают с зазором полученную опорную полуформу с модифицирующим слоем на основную модель и в зазор заливают керамическую суспензию для образования защитного облицовочного слоя, который отверждают, протягивают основную модель и прокаливают защитный облицовочный слой газовой горелкой, а после заливки собранной формы металлом ее выдерживают при 850-1100°C в течение 0,5-4 ч.

Пример. В качестве опытной отливки выбирают вставку ковочного штампа массой 36 кг, полученную литьем в комбинированных керамических формах по постоянным моделям на Минском тракторном заводе. По вспомогательной модели, увеличенной относительно основной (рабочей) на 8 мм по всей поверхности, изготавливают опорную полуформу из шамотной смеси на жидкостекольном связующем по CO₂-процессу. Далее проводят прокаливание опорной полуформы при 900°C в течение 2 ч для стабилизации ее размеров. Охлажденную полуформу до 17-22°C (возможно взять руками) устанавливают на промежуточную модель, увеличенную относительно основной модели (рабочей) на 1-7 мм, и в образовавшийся зазор заливают суспензию, содержащую модифицирующую добавку, обеспечивающую диффузию и активатор диффузии (карбид бора и фтористый натрий в отношении 9:1 соответственно) при следующем соотношении ингредиентов, мас. %:

Гидролизированный
раствор этилсиликата 25

Карбид бора	27
Фтористый натрий	3
Гелеобразователь	2
Огнеупорный наполнитель	43

5 В качестве огнеупорного наполнителя используют кварцевый песок 1К02А и пылевидный кварц ПК-2 непрокаленный в отношении 1:2 соответственно. Для приготовления гидролизованного раствора этилсиликата используют этилсиликат марки 32 по МРТУ 6-02-415-67. В состав смеси входит технический карбид бора ГОСТ 5744-74, фтористый натрий ГОСТ 4463-76. В качестве отвердителя суспензии используются 40%-ный водный раствор триэтанолamina (ТУ 6-09-2442-72). После отверждения смеси промежуточную модель протягивают, выжигают летучие составляющие керамики, прокаливают форму в течение 1 ч при температуре 750°C, которая ниже температуры начала разложения модифицирующей диффундирующей добавки. Далее полученную полуформу с модифицирующим слоем устанавливают на основную модель и в зазор запрессовывают суспензию для получения защитного облицовочного слоя. Для повышения газопроницаемости в состав суспензии вводят пенополистирол (ГОСТ 20282-74) при следующем соотношении ингредиентов, мас. %:

35	Гидролизированный раствор этилсиликата	22,5
	Пенополистирол	0,5
	Гелеобразователь	2,0
40	Огнеупорный наполнитель	75,0

Модифицирующий слой является промежуточным между опорной формой и облицовочным защитным слоем. Запрессовка такой суспензии позволяет получать облицовочные защитные слои толщиной до 2 мм, но не менее. Этим объясняется нижний предел толщины защитного облицовочного слоя, который выполняют толщиной 1-7 мм. При использовании защитного облицовочного слоя, толщиной более 6 мм, практически прекращается процесс переноса модифицирующей диффундирующей добавки к поверхности отливки и насыщение атомами бора. После отверждения защитного облицовочного слоя и протяжки модели выжигают летучие составляющие керамики с одновременным прокаливанием газовой горелкой в течение 20 мин при условии, что температура поверхности не превышает выше 700°C. Далее форму собирают и заливают сталью 5ХНМ. Через 30 с после заливки формируется литейная корочка толщиной 8 мм, через этот же

промежуток времени слой, содержащий модифицирующую добавку, обеспечивающую диффузию, прогревается до 900°C , и начинается процесс переноса атомов бора к поверхности отливки (под воздействием атомов фтора образуются борофториды, активно диффундирующие в поверхность отливки). Через 1-2 мин после заливки форму устанавливают в нагревательную печь при 900°C , 1000°C , 1100°C , проводят выдержку в нагревательной печи 0,5; 2; 4 ч. При этом формируется точная отливка с шероховатостью поверхности 4-5 класса. В структуре поверхностного слоя образуются высокотвердые бориды железа и эвтектика. Снижение температуры прокалики защитного облицовочного слоя ниже 600°C приводит к неполному удалению летучих из керамики, что вызывает появление газовых дефектов на поверхности отливок. Превышение температуры более 850°C приводит к преждевременному разложению добавки, обеспечивающей диффузию, и к окислению активных атомов бора, образовавшихся в процессе разложения. Выдержка залитых форм в нагревательной печи при температуре ниже 850°C нецелесообразна вследствие практического прекращения диффузии атомов бора. Увеличение температуры более 1100°C сопровождается ухудшением качества поверхности отливок, вызванное оплавлением ее поверхностного слоя в результате растворения образовавшихся боридов и увеличения доли легкоплавкой боридной эвтектики. Уменьшение времени выдержки залитых форм в нагревательной печи менее 0,5 ч приводит к значительному уменьшению толщины бористого слоя. Время выдержки более 4 ч нерационально, так как практически не увеличивается толщина диффузионного слоя. После заливки жидкого металла в комбинированную керамическую форму с промежуточным и защитным облицовочными слоями тепло, отводимое через стенки формы, прогревает защитный облицовочный слой керамики до температуры $1300-1400^{\circ}\text{C}$ в течение 30-40 с. Происходит образование прочной неоплавленной литейной корочки толщиной 6-8 мм, способной выдержать газовое давление со стороны формы.

За это же время промежуточный облицовочный слой с модифицирующей добавкой, обеспечивающей диффузию, прогревается до температуры начала разложения добавки и выше ($900-1200^{\circ}\text{C}$) в зависимости от толщины облицовочного защитного слоя. Начинается процесс разложения модифицирующей добавки, обеспечивающей диффузию, с образованием активных атомов, которые путем переноса через газовую фазу достигают границы форма-металл, адсорбируются на поверхности металла, и далее происходит процесс диффузионного насыщения затвердевшей поверхности отливки. Для увеличения продолжительности времени протекания процесса диффузионного насыщения форма устанавливается в нагревательную печь при $850-1100^{\circ}\text{C}$. Тем самым обеспечивается проведение химико-термической обработки отливок непосредственно в процессе формирования отливки. Использование защитного облицовочного керамического слоя затормаживает процесс разложения диффундирующей добавки и возникновения газового давления со стороны формы до образования прочной литейной корочки, предотвращает возникновение газовых раковин, неровностей и прогибов на поверхности отливок за счет создания газовой диффузии через газопроницаемый облицовочный слой, изолирует поверхностный слой отливки от химического взаимодействия с легкоплавкими эвтектиками, повышает точность и чистоту упрочненной поверхности. Результаты металлографических и технологических испытаний приведены в таблице, из которой следует, что предлагаемый способ 2-12, 14-18 обладает преимуществами по сравнению с известным по эффекту модифицирования (толщине боридного слоя), чистоте поверхности отливок и их точности.

Реализация изобретения позволяет получить экономический эффект не менее 200 р/т стального литья за счет снижения затрат на очистку отливок от пригара и их механическую обработку, улучшения качества поверхностно-упрочненного слоя, повышения износостойкости изделий в 2-2,5 раза.

Толщина облицовочного слоя (размеры зазора между промежуточной и основной моделью), мм	Температура печи, °С	Время выдержки печи, ч	Толщина боридного слоя, мм	Чистота поверхности отливки R_z мкм ГОСТ 2789-73	Точность, мм на $l=162$ отклонения от номинального размера
--	----------------------	------------------------	----------------------------	--	--

Предлагаемый способ

1 1 Неудовлетворительное качество облицовочного слоя (20% непокрытой облицовкой поверхности)

2 2- 900 2 0,49 50 $\pm 0,2-0,3$

3 3 900 2 0,42 30 $\pm 0,2-0,3$

4 4 900 2 0,35 30 $\pm 0,15-0,25$

5 5 900 2 0,28 20 $\pm 0,1-0,2$

6 6 900 2 0,11 20 $\pm 0,1-0,2$

7 3 900 0,5 0,35 20 $\pm 0,2-0,3$

8 3 900 4 0,45 30 $\pm 0,2-0,3$

9 3 1000 2 0,53 60 $\pm 0,2-0,3$

10 3 1100 2 0,61 60 $\pm 0,2-0,3$

11 2 1100 4 0,72 80 $\pm 0,2-0,3$

12 6 900 0,5 0,03 20 $\pm 0,1-0,2$

13 7 Борированный слой наблюдается в отдельных местах толщиной не более 0,2 мм

14 2 850 2 0,32 50 $\pm 0,2-0,3$

15 4 850 2 0,19 30 $\pm 0,2-0,3$

16 6 850 2 0,09 20 $\pm 0,1-0,2$

17 4 850 0,5 0,13 30 $\pm 0,2-0,3$

18 4 850 4 0,21 30 $\pm 0,2-0,3$

Известный способ

- - 0,2 мм 160 $\pm 0,5-0,7$

ВНИИПИ Заказ 11104/13 Тираж 779 Подписное

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4