



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B22C 9/04 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016152405, 28.12.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.12.2016

Дата регистрации:
16.01.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.12.2016

(45) Опубликовано: 16.01.2018 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

614990, г. Пермь, Комсомольский пр-кт, 93, АО
"ОДК-Авиадвигатель", ОЗИС

(72) Автор(ы):

Звездин Владимир Леонидович (RU),
Шилов Александр Владимирович (RU),
Ордин Дмитрий Алексеевич (RU),
Пойлов Владимир Зотович (RU),
Углев Николай Павлович (RU),
Дьяков Максим Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество
"ОДК-Авиадвигатель" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2532583 C1, 10.11.2014. SU
833364 A, 30.05.1981. RU 2505376 C1,
27.01.2014. DE 3832370 A1, 09.11.1989.

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ФОРМ ДЛЯ РАВНООСНОГО ЛИТЬЯ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к литейному производству. Поверхности модельного блока очищают от смазок и загрязнителей водным раствором моющих средств. Наносят на модельный блок керамическую суспензию на основе кремнезоля. Обсыпают огнеупорным зернистым материалом. Сушат лицевой слой в потоке воздуха с влажностью 45-55%. Повторяют циклы нанесения слоя керамической суспензии, обсыпки и сушки каждого из них в потоке

осушенного воздуха с влажностью 30-40%. Осуществляют последующую вытопку модельной массы и термическую обработку керамической формы методом прокаливания в диапазоне температур от 700 до 850°C с последующим охлаждением в печи в течение 8-12 ч. Формы извлекают из печи при температуре не более 100°C и охлаждают на воздухе. Обеспечивается повышение качества литейных керамических форм. 2 з.п. ф-лы, 1 табл., 5 пр.

RU 2 641 205 C1

RU 2 641 205 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B22C 9/04 (2006.01)

(21)(22) Application: **2016152405, 28.12.2016**

(24) Effective date for property rights:
28.12.2016

Registration date:
16.01.2018

Priority:

(22) Date of filing: **28.12.2016**

(45) Date of publication: **16.01.2018** Bull. № 2

Mail address:

614990, g. Perm, Komsomolskij pr-kt, 93, AO "ODK-Aviadvigatel", OZIS

(72) Inventor(s):

**Zvezdin Vladimir Leonidovich (RU),
Shilov Aleksandr Vladimirovich (RU),
Ordin Dmitrij Alekseevich (RU),
Pojlov Vladimir Zotovich (RU),
Uglev Nikolaj Pavlovich (RU),
Dyakov Maksim Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aksionernoe obshchestvo "ODK-Aviadvigatel"
(RU)**

(54) **METHOD FOR MANUFACTURING CERAMIC MOULDS FOR EQUIAXIAL CASTING OF HEAT-RESISTANT ALLOYS ON MOLTEN MODELS**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: model block surfaces are cleaned from lubricants and contaminants by aqueous solution of detergents. A ceramic suspension based on silica sol is applied to the model block. Then it is filled with refractory granular material. The face layer is dried in air flow with moisture content of 45-55%. The cycles for application of ceramic suspension layer are repeated. Filling and drying each of them in dry air flow is carried

out with 30-40% moisture content. Then model mass is burnt out and ceramic mould is subjected to heat treatment by calcination in temperature range from 700 to 850°C with following cooling in furnace for 8-12 hours. The moulds are removed from the furnace at the temperature not more than 100°C and cooled in air.

EFFECT: improved quality of the casting ceramic moulds.

3 cl, 1 tbl, 5 ex

Изобретение относится к технологии литья и может быть использовано для равноосного высокоточного литья жаропрочных сплавов аэрокосмического назначения по выплавляемым моделям.

Известен способ изготовления керамических форм по выплавляемым моделям (1), включающий послойное нанесение на воскообразную модель суспензии на основе эпоксидной смолы в органическом растворителе, обсыпку ее огнеупорным материалом, сушку слоев керамической формы в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (СВЧ) с мощностью не более 0,4-0,5 кВт, удаление воскообразной модели в поле СВЧ в два этапа: вначале с мощностью не менее 0,5 кВт на 1 кг массы керамической формы со скоростью нагрева 150-170°C/мин до начала оплавления поверхности модели, а затем - с мощностью не более 0,3 кВт до полного удаления модели. Сушку слоев керамической формы осуществляют в течение 1-2 минут.

Недостатком способа является высокая токсичность, связанная с выделением в атмосферу цеха паров органического растворителя и продуктов термического разложения эпоксидной смолы.

Известен также способ изготовления литейных керамических форм (2), получаемых по выплавляемым моделям, включающий нанесение на выплавляемую модель не менее двух слоев суспензии на этилсиликатном связующем, последующее нанесение не менее двух слоев, полученных на жидкостекольном связующем, сушку каждого слоя, вытопку модельного состава в воде, при этом в последний слой суспензии на этилсиликатном связующем вводят натрий фтористый в количестве 0,1-0,3 вес. %.

Недостатком способа является токсичность этилсиликатного связующего, невысокая прочность формы, вследствие чего при заливке металла происходит нарушение целостности формы, что ведет к высокому проценту брака отливок.

Известен способ изготовления комбинированных оболочковых форм по выплавляемым моделям для получения отливок из жаропрочных сплавов (3). Способ включает изготовление модели, послойное нанесение на модель огнеупорной суспензии на основе пылевидного электрокорунда. При этом первые два слоя наносят с использованием в огнеупорной суспензии алюмоорганического связующего, содержащего хелатированный полиалкоксиалюмоксан 20-30 мас. % и алифатический спирт - остальное до 100%. Последующие слои наносят с использованием суспензии на основе связующего гидролизованного этилсиликата с добавкой активатора спекания алюминиевого порошка АСД-4. Осуществляют последующую обсыпку каждого слоя зернистым электрокорундом. Сушку первых двух слоев производят при 100% влажности, достигаемой распылением или разбрызгиванием воды, с последующей конвективной сушкой путем обдувания воздухом в течение 2-3 часов в условиях цеха при температуре 23-25°C. Удаляют модельный состав, после чего формы прокаливают при температуре 1200-1350°C в течение 8-12 часов.

Недостатком способа является высокая токсичность связующего на основе этилсиликата и алюмоорганического связующего, содержащего хелатированный полиалкоксиалюмоксан.

Известен также способ изготовления керамических оболочковых форм для литья по выплавляемым моделям с использованием кремнезольного связующего (4), принятый за прототип. На модельном блоке формируют оболочку с использованием водного кремнезольного связующего, огнеупорного наполнителя и обсыпочногo материала. Проводят сушку слоев оболочки, вытопку модельного состава в горячей воде. Для формирования первого слоя или двух первых слоев используют суспензию, содержащую, об. %: кремнезоль кислый 37-41 и плавленный кварц 59-63. Для формирования

последующих слоев используют суспензию, содержащую, об. %: кремнезоль основной 36-44 и плавненный кварц 56-64, что обеспечивает повышение прочности керамических оболочковых форм.

5 Недостатком способа является то, что повышенная прочность керамических оболочковых форм для равноосного литья по выплавляемым моделям затрудняет процесс удаления их после заливки и отверждения металла, вследствие чего, необходимо применять дополнительные механические усилия для удаления керамики, что ведет к деформации отливки.

10 Технической задачей заявленного способа является повышение качества литейных керамических форм, снижение шероховатости отливок и количества бракованных отливок из жаропрочных сплавов, исключение использования вредных веществ в технологии.

15 Технический результат достигается тем, что в способе изготовления керамических форм для равноосного высокоточного литья жаропрочных сплавов по выплавляемым моделям, включающем очистку поверхности модельного блока от смазок и загрязнителей, нанесение на модельный блок керамической суспензии на основе кремнезоля, обсыпку огнеупорным зернистым материалом, сушку лицевого слоя, последующие повторные циклы нанесения слоя керамической суспензии, обсыпки и сушки каждого из них, последующую вытопку модельной массы и термическую
20 обработку керамической формы, *согласно изобретению* очистку поверхности модельного блока от смазок и загрязнителей проводят водным раствором моющих средств, сушку лицевого слоя осуществляют в потоке воздуха с влажностью 45-55%, а сушку последующих слоев проводят в потоке осушенного воздуха с влажностью 30-40%, термическую обработку керамических форм ведут методом прокаливания в
25 диапазоне температур от 700 до 850°C, с последующим охлаждением в печи в течение 8-12 ч, извлечением из печи при температуре не более 100°C и дальнейшим охлаждением на воздухе.

30 Кроме того, согласно изобретению очистку поверхности модельного блока от смазок и загрязнителей проводят методом распыления на модельный блок водного раствора моющих средств «Деталан Ф-10» или «Металин-АД18» с концентрацией не менее 10%.

Кроме того, согласно изобретению термическую обработку керамической формы ведут в течение не менее 3 часов, при скорости нагрева не менее 200°C/ч в среде воздуха.

35 В предлагаемом способе, в отличие от прототипа, проведение очистки поверхности модельного блока от смазок и загрязнителей распылением на модельный блок водного раствора моющих средств «Деталан Ф-10» или «Металин-АД18» с концентрацией не менее 10% позволяет эффективно очистить поверхность, повысить качество литейных керамических форм, повысить адгезионную способность поверхности модельного блока к керамической суспензии, исключить из употребления в составе моющих средств вредные для здоровья спиртосодержащие вещества.

40 Осуществление операции сушки лицевого слоя в потоке влажного воздуха с влажностью 45-55% обеспечивает получение качественного лицевого слоя.

Проведение сушки последующих слоев в потоке осушенного воздуха с влажностью 30-40% способствует ускорению процесса сушки керамических форм без трещинообразования.

45 Выполнение термической обработки керамической формы методом обжига в диапазоне температур от 700 до 850°C в течение не менее 3 часов при скорости нагрева не менее 200°C/ч в среде воздуха способствует полному удалению органических составляющих и росту прочности керамических форм. При скорости нагрева менее

200°С/ч нерационально увеличивается длительность термической обработки керамической формы.

Применение последующего охлаждения керамических форм в печи в течение 8-12 ч, с дальнейшим охлаждением на воздухе при извлечении их из печи при температуре не более 100°С предотвращает растрескивание форм и образование бракованных форм.

Примеры осуществления способа

Пример 1. Для получения литейной керамики для равноосного высокоточного литья жаростойких сплавов по выплавляемым моделям использовали: 1) суспензию для лицевого слоя, состоящую из водно-коллоидного раствора кремнезоля SiO_2 , алюмо-кремниевое наполнителя, полимерных добавок, в которой кремнезоль имеет размер частиц 12-14 нм, плотность 1,195-1,250 г/см³; 2) суспензию для получения последующих керамических слоев, состоящую из водно-коллоидного раствора кремнезоля SiO_2 с размерами частиц золя 8-10 нм, алюмо-кремниевое наполнителя в виде чистого дистенсиллиманита $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, с размерами частиц менее 90 мкм; 3) в качестве послойного обсыпочно материала использовали чистый электрокорунд Al_2O_3 с размерами частиц менее 40 мкм. Изготовление керамических форм для равноосного высокоточного литья жаропрочных сплавов по выплавляемым моделям проводили на предприятии АО «Авиадвигатель» по технологии, включающей очистку поверхности модельного блока от смазок и загрязнителей методом распыления на модельный блок водного раствора моющего средства «Деталан Ф-10» с концентрацией не менее 10%, нанесение манипулятором керамической суспензии (1) лицевого слоя на модельный блок методом окунания. Сушку лицевого слоя осуществляли в потоке влажного воздуха с влажностью 45%. Далее проводили повторные циклы нанесения слоя керамической суспензии (2), обсыпки огнеупорным материалом (3) в пескосыпе дождевального типа, с последующей сушкой каждого из нанесенных слоев в потоке осушенного воздуха с влажностью 30%. Последующую вытопку модельной массы из керамической формы проводили в бойлер-клавше с парами воды при температуре ~ 170°С. Далее осуществляли термическую обработку керамической формы при температуре 850°С, в течение не менее 3 часов, при скорости нагрева не менее 200°С/ч в среде воздуха, с последующим охлаждением в печи в течение 8 ч, извлечением из печи при температуре не более 100°С и дальнейшим охлаждением на воздухе. У полученных образцов керамических литейных форм испытывали технологические характеристики, результаты таких испытаний приведены в таблице. Как видно из таблицы характеристик литейных форм, полученных по примеру 1, все характеристики соответствуют нормативам.

Пример 2. Изготовление керамических форм для равноосного высокоточного литья жаропрочных сплавов по выплавляемым моделям проводили на предприятии АО «Авиадвигатель» с теми же керамическими суспензиями и обсыпочными материалами, приведенными в примере 1 по той же технологии, с тем отличием, что очистку поверхности модельного блока от смазок и загрязнителей осуществляли методом распыления на модельный блок водного раствора моющего средства «Металин-АД18» с концентрацией не менее 10%. Сушку лицевого слоя проводили в потоке влажного воздуха с влажностью 55%, а сушку каждого из последующих слоев - в потоке осушенного воздуха с влажностью 40%. Термическую обработку керамической формы проводили при температуре 750°С, в течение не менее 3 часов, при скорости нагрева не менее 200°С/ч в среде воздуха, с последующим охлаждением в печи в течение 12 ч, извлечением из печи при температуре не более 100°С и дальнейшим охлаждением на воздухе. Как видно из данных таблицы характеристик литейных форм, полученных по

примеру 2, все характеристики соответствуют нормативам.

Пример 3. Изготовление керамических форм для равноосного высокоточного литья жаропрочных сплавов по выплавляемым моделям проводили с теми же керамическими суспензиями и обсыпочными материалами, приведенными в примере 1, по той же технологии, с тем отличием, что очистку поверхности модельного блока от смазок и загрязнителей проводили этиловым спиртом путем протирки поверхности марлевым тампоном, смоченным в спирте. Сушку лицевого слоя осуществляли в потоке воздуха с влажностью 65%, а сушку каждого из последующих слоев - в потоке осушенного воздуха с влажностью 45%. Из данных таблицы характеристик литейных форм, полученных по примеру 3, следует, что литейные формы имеют меньшую прочность, огнеупорность, пригар на отливках, литейные дефекты, плохую смачиваемость и не соответствуют техническим требованиям чертежа и нормативным показателям.

Пример 4. Изготовление керамических форм для равноосного высокоточного литья жаропрочных сплавов по выплавляемым моделям проводили с теми же керамическими суспензиями и обсыпочными материалами, приведенными в примере 1, по той же технологии, с тем отличием, что очистку поверхности модельного блока от смазок и загрязнителей проводили методом распыления на модельный блок водного раствора моющего средства «Металин-АД18» с концентрацией не менее 10%. Сушку лицевого слоя осуществляли в потоке влажного воздуха с влажностью 40%, а сушку каждого из последующих слоев - в потоке осушенного воздуха с влажностью 25%. Из данных таблицы характеристик литейных форм, полученных по примеру 4, следует, что литейные формы имеют меньшую прочность, огнеупорность, пригар на отливках, литейные дефекты и не соответствуют техническим требованиям чертежа и нормативным показателям.

Пример 5. Изготовление керамических форм для равноосного высокоточного литья жаропрочных сплавов по выплавляемым моделям проводили с теми же керамическими суспензиями и обсыпочными материалами, приведенными в примере 1, по той же технологии, с тем отличием, что сушку лицевого слоя осуществляли в потоке влажного воздуха с влажностью 65%, а сушку каждого из последующих слоев - в потоке осушенного воздуха с влажностью 35%. Термическую обработку керамической формы проводили при температуре 650°C, в течение не менее 3 часов, при скорости нагрева не менее 200°C/ч в среде воздуха, с последующим охлаждением на воздухе в течение 4 ч. Из данных таблицы характеристик литейных форм, полученных по примеру 4, следует, что литейные формы имеют меньшую прочность, огнеупорность, пригар на отливках, литейные дефекты и не соответствуют техническим требованиям чертежа и нормативным показателям.

Данные таблицы по керамическим литейным формам, полученные согласно изобретению по примерам 1-2, имеют нормативную прочность до прокаливания (40 ± 15 кг/см²), низкий коэффициент термического расширения ($\alpha = 6,25 \times 10^{-6}$), приемлемую открытую пористость (36%), что облегчает операцию удаления легкоплавкого материала литейных форм, высокую огнеупорность (более 1770°C), отсутствие пригара на отливках из сплава ВХ4Л и из сплава ВКНА 1ВР-ВИ, низкую шероховатость литой поверхности (2,88 мкм), легкую выбиваемость отливок из форм и пескоструйную очистку отливок, отсутствие горячих трещин на отливках из сплава ВКНА 1ВР - ВИ, обеспечение геометрической точности модели, хорошую адгезию суспензии лицевого слоя (угол смачивания равен 0°), хорошую кроющую способность суспензии лицевого слоя.

Таким образом, выполнение предлагаемого способа позволяет исключить использование вредных веществ в технологии, позволяет повысить качество литейных

керамических форм, позволяет снизить шероховатость отливок и количество бракованных отливок из жаропрочных сплавов.

Библиографический список

1. Патент РФ 2283721. МПК В22С 9/04. Способ изготовления керамических форм по выплавляемым моделям. Авторы: Каблов Е.Н. (RU), Демонис И.М. (RU), Деев В.В. (RU), Бондаренко Ю.А. (RU), Нарский А.Р. (RU), Семенов В.Е. (RU), Тюрин Н.А. (RU) Патентообладатель: ФГУП «ВИАМ», Заявлено: 27.01.2005, опубликовано 20.09.2006.
2. Патент РФ 2177856, МПК. В22С 9/04. Способ изготовления литейных керамических форм, получаемых по выплавляемым моделям. Автор(ы): Шмагина С.В., Шкенеv Ю.Г., Цепова Г.П., Барашкова О.Г., Глущенко Т.М. Патентообладатель: Открытое акционерное общество "Завод им. В.А. Дегтярева" Заявлено: 10.01.2002. Опубликовано: 10.01.2002. Бюл. №1.
3. Патент РФ 2572118. МПК В22С 9/04. Способ изготовления комбинированных оболочковых форм по выплавляемым моделям для получения отливок из жаропрочных сплавов с направленной и монокристаллической структурами. Баранова Т.Ф. (RU), Валиахметов С.А. (RU), Шункина Н.И (RU), Гоголев И.В. (RU), Стороженко П.А. (RU), Щербакова Г.И. (RU), Варфоломеев М.С. (RU) (73) Патентообладатель(и): Акционерное общество "Научно-производственный центр газотурбостроения "Салют" (АО "НПЦ газотурбостроения "Салют") (RU). Дата подачи заявки: 03.10.2014. Опубликовано: 27.12.2015. Бюл. №36.
4. Патент РФ 2532583. МПК В22С 9/04. Способ изготовления керамических оболочковых форм для литья по выплавляемым моделям. Авторы патента: Брюханова Е.В. (RU), Голотёнков О.Н. (RU). Владельцы патента: Федеральное государственное унитарное предприятие Федеральный научно-производственный центр "Производственное объединение "Старт" им. М.В. Проценко" (ФГУП ФНПЦ "ПО "СТАРТ" им. М.В. Проценко") (RU), заявка: 29.07.2013. Опубликовано: 10.11.2014. Бюл. №31.

30

35

40

45

Таблица. Характеристики литейных форм для равноосного высокоточного литья жаропрочных сплавов, полученных по примерам 1-5

	Показатели технологичности литейной керамики	Норматив	Пример 1	Пример 2	Пример 3	Пример 4	Пример 5
5	Прочность до прокали, кг/см ²	40 ± 15	43,8	44,6	35,1	30,3	32,1
	Прочность после прокали, кг/см ²	40 ± 15	28,2	30,1	25,2	26,1	22,3
10	Термическое расширение × 10 ⁻⁶ (α) до 1100 ⁰ С, 1 ⁰ С	6,0-7,0	6,30	6,25	6,35	6,34	6,40
	Пористость открытая, %	33 ± 3	36,5	36,0	38,5	39,0	38,70
	Плотность кажущаяся, %	2,38	2,35	2,38	2,30	2,29	2,30
15	Огнеупорность, ⁰ С	1600	>1770	>1770	1600	1600	1600
	Глубина изменённого слоя, мкм	≤ 20	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0
20	Пригар на отливках из сплава ВХ4Л и из сплава ВКНА 1ВР-ВИ, мкм	≤ 20	0,0	0,0	23,50	4,50	3,9
	Шероховатость литой поверхности, мкм	2,5-3,2	2,88	2,65	5,40	2,9	4,1
0	Выбиваемость отливок из форм	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Плохая	Плохая	Плохая
25	1 Очистка отливок пескоструйная	Лёгкая	Лёгкая	Лёгкая	Плохая	Плохая	Плохая
	2 Состояние форм после удаления восковых моделей или по результатам заливки	Замечаний нет	Замечаний нет	Замечаний нет	Замечания есть	Замечания есть	Замечания есть
30	3 Литейные дефекты	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	Есть
	4 Наличие горячих трещин на отливках из сплава ВКНА 1ВР - ВИ	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	Есть
35	5 Обеспечение геометрической точности	Соответствие ТТ чертежа	Соответствие ТТ чертежа	Соответствие ТТ чертежа	Несоответствие ТТ чертежа	Несоответствие ТТ чертежа	Несоответствие ТТ чертежа
	6 Адгезия суспензии лицевого слоя, (угол смачивания), θ ⁰	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0
40	7 Кроющая способность суспензии лицевого слоя	Хорошая	Хорошая	Хорошая	Плохая	Хорошая	Хорошая

(57) Формула изобретения

1. Способ изготовления керамических форм для равноосного литья жаропрочных сплавов по выплавляемым моделям, включающий очистку поверхности модельного блока от смазок и загрязнителей, нанесение на модельный блок керамической суспензии на основе кремнезоля, обсыпку огнеупорным зернистым материалом, сушку лицевого слоя, последующие повторные циклы нанесения слоя керамической суспензии, обсыпки

и сушки каждого из них, последующую вытопку модельной массы и термическую обработку керамической формы, отличающийся тем, что очистку поверхности модельного блока от смазок и загрязнителей проводят водным раствором моющих средств, сушку лицевого слоя осуществляют в потоке воздуха с влажностью 45-55%, а
5 сушку последующих слоев проводят в потоке осушенного воздуха с влажностью 30-40%, термическую обработку керамических форм ведут методом прокаливания в диапазоне температур от 700 до 850°C, с последующим охлаждением в печи в течение 8-12 ч, извлечением из печи при температуре не более 100°C и дальнейшим охлаждением на воздухе.

10 2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что очистку поверхности модельного блока от смазок и загрязнителей проводят методом распыления на модельный блок водного раствора моющих средств «Деталан Ф-10» или «Металин-АД18» с концентрацией не менее 10%.

15 3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что термическую обработку керамической формы ведут в течение не менее 3 часов, при скорости нагрева не менее 200°C/ч в среде воздуха.

20

25

30

35

40

45