

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 201991683 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2019.12.30

(51) Int. Cl. B22C 1/00 (2006.01)
B22C 9/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.01.11

(54) КОМПОЗИЦИИ И СПОСОБЫ ДЛЯ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

(31) 62/445,140

(32) 2017.01.11

(33) US

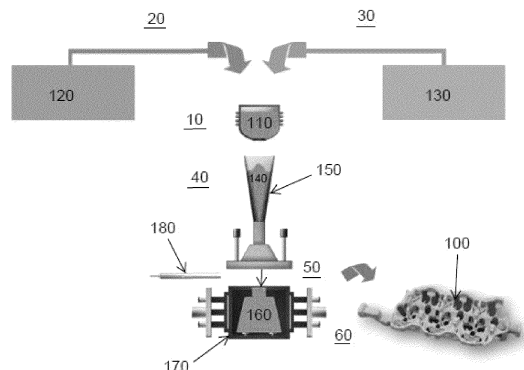
(86) PCT/US2018/013393

(87) WO 2018/132616 2018.07.19

(71)(72) Заявитель и изобретатель:
ТРИНОВСКИ ДУГЛАС М.; УОЛКЕР
МАЙКЛ ДЖ. (US)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(57) Настоящее изобретение относится к "разовым" стержням для использования при литье под высоким давлением, причем стержни предпочтительно содержат водорастворимый синтетический керамический наполнитель, имеющий подходящую прочность и выдерживающий различные давления и температуры литья, неорганическое связующее, содержащее силикат натрия, добавку, содержащую аморфный диоксид кремния в виде частиц, и огнеупорное покрытие, причем стержни выполнены с возможностью удаления из отливки путем растворения в воде.



A1

201991683

201991683

A1

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

2420-557846ЕА/025

КОМПОЗИЦИИ И СПОСОБЫ ДЛЯ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0001] Настоящая заявка испрашивает приоритет и преимущество по предварительной заявке на патент США № 62/445,140, поданной 11 января 2017 года.

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

[0002] Настоящее изобретение относится к литейным стержням, используемым при литье под высоким давлением в литейной промышленности. В частности, настоящее изобретение относится к «разовым» стержням для литья под высоким давлением, содержащим водорастворимый сыпучий материал, имеющий подходящую прочность и выдерживающий различные давления и температуры литья, а также возможность удаления путем растворения после литья.

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0003] Проектирование и изготовление литейных стержней является постоянной задачей в литейных цехах по всему миру. В связи с растущим спросом на стержни, имеющие очень сложные формы, высокую прочность и качество и позволяющие легко удалять стержень из отливки, требуется разработка новых материалов для основы стержня, связующих и покрытий. В то же время необходимость разработки улучшенных стержней усугубляется все более строгими экологическими нормами, а также санитарно-гигиеническими нормами.

[0004] Общеизвестно, что снижение веса транспортного средства за счет использования алюминиевых или магниевых сплавов снижает расход топлива и уменьшает выбросы. Это является дополнительным подходом к повышению производительности гибридных транспортных средств и транспортных средств на топливных элементах, в частности, дальности поездки. Стратегическая концепция, представляющая интерес для оригинальных производителей оборудования по всему миру, особенно с учетом стандартов соответствия по Закону США о среднем расходе топлива автомобилями, выпускаемыми корпорацией («SAFE»), заключается в

снижении веса транспортного средства на 20 процентов («%»). Однако на сегодняшний день эта концепция не реализована отчасти из-за ограничений производственных технологий.

[0005] Сложные конструкции некоторых автомобильных компонентов требуют наличия внутренних полостей или каналов для функциональных целей, например, цилиндров в блоках двигателя, для исключения необходимости дорогостоящей обработки или для снижения веса с целью предотвращения избыточной массы, которая в противном случае не позволяет обеспечить конструктивные преимущества. Для изготовления компонента с внутренними полостями в процессе литья перед заливкой металла необходимо установить стержни. Таким образом, стержень фактически является точной обратной копией внутренних элементов отливаемой детали. В зависимости от технологии литья стержни могут быть полностью интегрированы в форму для литья под давлением или могут свободно вставляться в нее. После затвердевания металла и извлечения компонента стержень разбивают, удаляют из изделия и, как правило, утилизируют, хотя были разработаны некоторые применения повторно используемых стержней. В зависимости от способа литья при переходе от гравитационного литья к литью под низким давлением и литью под высоким давлением («HPDC») требования к прочности стержней меняются по мере увеличения давления расплава в каждой технологии.

[0006] Один конкретный тип стержня, используемого в вышеописанном процессе литья, называется «разовым» (расходуемым) стержнем. В одном примере использования разовых стержней стержень имеет плавкую, размываемую или растворимую композицию и может быть размещен в корпусе формы и впоследствии расплавлен, вымыт и/или растворен после литья. Удаление стержня приводит к образованию желаемой пустоты в литом металлическом объекте.

[0007] В применении разовых стержней при HPDC существует значительное технологическое отставание, если рассматривать его в качестве выбора для крупномасштабного производства конструктивных автомобильных компонентов. В результате детали, изготавливаемые путем литья под давлением, главным образом не содержат сложных внутренних каналов или полостей, наличие

которых потребует разрушения стержня перед его удалением. Были предприняты попытки использования водорастворимых стержней, состоящих из неорганических солей, например, из хлорида натрия или хлорида калия. Такие стержни могут иметь подходящую прочность для некоторых применений и могут растворяться после литья, однако их использования ограничено. Например, в случае соляных водорастворимых прессованных стержней из композитных смесей размер и форма получаемого разового стержня ограничены из-за особенностей процесса изготовления. Соляные стержни подвержены растрескиванию перед литьем и эрозийным дефектам в процессе литья. Кроме того, соляные стержни непросто удалить из отливки после затвердевания, а полученный рассол является коррозионным, и его сложно утилизировать и повторно использовать. В связи с этим особое внимание в области техники уделяется стержням, состоящим из сыпучего материала, например, песка или подобных материалов. Технология использования песчаных стержней применялась для изготовления больших, тонкостенных и полых металлических литых форм. Однако в процессе литья с вымыванием используется только водорастворимая модифицированная силикатная смола. Хотя это оптимально для вымывания, в нем не используется добавка на основе микрокремнезема, используемая в настоящем изобретении. Вследствие этого получаемые стержни не обладают механической прочностью и влагостойкостью, которые обеспечиваются настоящим изобретением.

[0008] Соответственно, известный уровень техники не способен удовлетворить многолетнюю неудовлетворенную потребность в литейных стержнях, которые, с одной стороны, должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать высокое давление при литье, обычно характерное для процессов HPDC, особенно в литниковых областях, а также повышение давления в периоды выдержки. С другой стороны, стержень также должен легко разрушаться во время его удаления после завершения литья. Разработка крупномасштабного и низкочувствительного процесса литья с применением литейных стержней следующего поколения позволит усовершенствовать производство за счет изготовления компонентов с высокой степенью целостности и с возможностью термической

обработки на максимальную твердость.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0009] Для удовлетворения вышеописанных потребностей настоящее изобретение обеспечивает композицию разового стержня для использования в HPDC для изготовления конструктивных алюминиевых деталей, причем разовый стержень может быть удален одновременно с термической обработкой алюминиевой отливки путем погружения в раствор, например, в воду, что позволяет получать сложные, высокопрочные, полые конструктивные отливки.

[0010] В настоящей заявке HPDC относится либо к литью под высоким давлением, либо к литью под высоким давлением с применением вакуума.

[0011] Предпочтительный вариант выполнения настоящего изобретения включает в себя композицию, образующую стержень для использования в HPDC, причем стержень содержит:

а) огнеупорный основной материал стержня, состоящий из синтетического керамического материала, имеющего предпочтительные размер и форму частиц;

б) неорганическое связующее, предпочтительно состоящее из силиката натрия (Na_2SiO_3) или «жидкое стекло»), других неорганических модификаторов и поверхностно-активного вещества;

с) добавку, содержащую аморфный диоксид кремния в виде частиц (SiO_2) или «кремнезем»), в котором добавку предпочтительно получают путем термического разложения силиката циркония (ZrSiO_4) с образованием диоксида циркония (ZrO_2) или «двуокиси циркония») и SiO_2 ;

д) в котором связующее и добавку смешивают с синтетическим керамическим материалом предпочтительно в соотношении неорганического связующего к добавке приблизительно 2:1 и, как правило, используют жидкое связующее в количестве приблизительно от 0,9 до 4,0% (в расчете на массу керамического материала) и добавку на основе микрокремнезема в количестве приблизительно от 0,5 до 2,0% (в расчете на массу керамического материала) для получения смеси;

е) в котором смесь выполнена с возможностью выдувания (предпочтительно с использованием давления воздуха) в нагретый

инструмент, например, в стержневой ящик, имеющий желаемую форму стержня; и

f) в котором смесь отверждают при повышенной температуре, предпочтительно приблизительно от 140 до 190 градусов Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) для получения готового стержня.

[0012] Полученная композиция после отверждения для придания желаемой формы стержня обеспечивает сообщающуюся пористость изготовленного стержня, что позволяет раствору, например, содержащему воду, проникать и растворять стержень после литья. Неожиданные преимущества композиции включают в себя: (i) высокую прочность вышеописанной полученной композиции при применении в разовых стержнях; (ii) стойкость к расплавленному алюминию в процессе HPDC, который подразумевает высокое давление и скорость металла, в связи с чем можно производить металлические детали улучшенного качества; и (iii) возможность удаления стержня из отливки во время термической обработки. Стержни, обеспеченные в соответствии с настоящим изобретением, которые впоследствии покрывают огнеупорным покрытием, считаются огнеупорными или, возможно, огнестойкими, что предотвращает проникновение расплавленного алюминия в поверхность стержня в процессе HPDC.

[0013] Альтернативный предпочтительный вариант выполнения настоящего изобретения включает в себя способ формования стержня для использования при HPDC, причем способ содержит этапы, на которых:

a) обеспечивают огнеупорный основной материал стержня, состоящий из синтетического керамического материала, имеющего предпочтительные размер и форму частиц;

b) обеспечивают неорганическое связующее, предпочтительно содержащее Na_2SiO_3 , неорганические модификаторы и поверхностно-активное;

c) обеспечивают добавку, предпочтительно состоящую из аморфного SiO_2 в виде частиц, причем добавку предпочтительно получают термическим разложением ZrSiO_4 с образованием ZrO_2 и SiO_2 ;

d) соединяют связующее и добавку с синтетическим

керамическим материалом предпочтительно в соотношении неорганического связующего к добавке приблизительно 2:1 и, как правило, используют жидкое связующее в количестве приблизительно от 0,9 до 4,0% (в расчете на массу керамического материала) и добавку на основе микрокремнезема в количестве приблизительно от 0,5 до 2,0% (в расчете на массу керамического материала) для получения смеси;

е) выдувают смесь (предпочтительно с использованием давления воздуха) в нагретый инструмент, например, в стержневой ящик, имеющий желаемую форму стержня; и

ф) отверждают выдутую смесь при повышенной температуре, предпочтительно приблизительно от 130 до 190°C, для получения готового стержня.

[0014] Другой альтернативный предпочтительный вариант выполнения настоящего изобретения представляет собой литейный стержень для использования при литье под высоким давлением, причем литейный стержень содержит сочетание:

синтетического керамического заполнителя;

неорганического связующего, содержащего силикат натрия;

добавки, содержащей аморфный диоксид кремния в виде частиц;

в котором неорганическое связующее и добавка обеспечены в стержне в массовом соотношении неорганического связующего к добавке приблизительно 2:1;

в котором количество неорганического связующего, обеспеченного в стержне, варьируется в диапазоне приблизительно от 0,9 до 4,0% неорганического связующего по массе в расчете на массу синтетического керамического заполнителя; и

в котором количество добавки, обеспеченной в стержне, варьируется в диапазоне приблизительно от 0,5 до 2,0% добавки по массе в расчете на массу керамического заполнителя.

[0015] Еще один альтернативный предпочтительный вариант выполнения настоящего изобретения представляет собой способ формования литейного стержня для использования при литье под высоким давлением, причем способ содержит этапы, на которых:

обеспечивают синтетический керамический заполнитель;

обеспечивают неорганическое связующее , содержащее силикат натрия;

обеспечивают добавку, содержащую аморфный диоксид кремния в виде частиц;

соединяют синтетический керамический наполнитель, неорганическое связующее и добавку для получения смеси, в котором неорганическое связующее и добавку обеспечивают в смеси в массовом соотношении неорганического связующего к добавке приблизительно 2:1, в котором количество неорганического связующего, обеспеченного в смеси, варьируется в диапазоне приблизительно от 0,9 до 4,0% неорганического связующего по массе в расчете на массу синтетического керамического наполнителя, и в котором количество добавки, обеспеченной в смеси, варьируется в диапазоне приблизительно от 0,5 до 2,0% добавки по массе в расчете на массу керамического наполнителя;

выдувают смесь в нагретый инструмент, имеющий желаемую форму литейного стержня; и

отверждают выдутую смесь при повышенной температуре, которая варьируется в диапазоне приблизительно от 140 до 190 градусов Цельсия.

[0016] Еще один альтернативный предпочтительный вариант выполнения настоящего изобретения представляет собой способ использования литейного стержня при литье под высоким давлением, причем способ содержит этапы, на которых:

формируют литейный стержень путем (i) обеспечения синтетического керамического наполнителя, (ii) обеспечения неорганического связующего, содержащего силикат натрия, (iii) обеспечения добавки, содержащей аморфный диоксид кремния в виде частиц, (iv) соединения синтетического керамического наполнителя, неорганического связующего и добавки для получения смеси, в котором неорганическое связующее и добавку обеспечивают в смеси в массовом соотношении неорганического связующего к добавке приблизительно 2:1, в котором количество неорганического связующего, обеспеченного в смеси, варьируется в диапазоне приблизительно от 0,9 до 4,0% неорганического связующего по массе в расчете на массу синтетического керамического

заполнителя, и в котором количество добавки, обеспеченной в смеси, варьируется в диапазоне приблизительно от 0,5 до 2,0% добавки по массе в расчете на массу керамического заполнителя, (v) выдувания смеси в нагретый инструмент, имеющий желаемую форму литейного стержня, (vi) отверждения выдутой смеси при повышенной температуре, которая варьируется в диапазоне приблизительно от 140 до 190 градусов Цельсия, (vii) нанесения огнеупорного покрытия на литейный стержень после его отверждения, и (viii) сушки огнеупорного покрытия;

заливают расплавленный металл под высоким давлением вокруг литейного стержня и позволяют металлу затвердеть; и

растворяют литейный стержень в водном растворе для растворения литейного стержня из металла.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0017] Фиг. 1 представляет собой графическую блок-схему, которая иллюстрирует способ изготовления литейного стержня, обеспеченного в соответствии с настоящим изобретением.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ

[0018] Хотя настоящее изобретение может быть реализовано в различных формах, в настоящем документе подробно описаны конкретные предпочтительные варианты выполнения с пониманием того, что настоящее раскрытие следует рассматривать как иллюстрацию принципов изобретения, и оно не предназначено для ограничения изобретения описанным в настоящем документе.

[0019] Предпочтительный вариант выполнения настоящего изобретения содержит стержень для использования при HPDC, причем стержень содержит сыпучий материал, неорганическое связующее и добавку. Сыпучий материал может представлять собой природный кварцевый песок, но предпочтительно он представляет собой синтетический керамический материал. Связующее предпочтительно представляет собой водорастворимый материал, выполненный с возможностью выдерживания температур литья металла, а также удаления путем растворения после литья.

[0020] Соединенные связующее и добавку предпочтительно смешивают с сыпучим материалом в количестве приблизительно от 1,4 до 6% по массе («масс. %») и предпочтительно приблизительно

4,2 масс.% на основе соотношения связующего и добавки к материалу для получения смеси. Затем смесь предпочтительно выдувают в стержневой ящик и отверждают с использованием нагретого инструмента и нагретого воздуха. Соотношение связующего и добавки к сыпучему материалу является таким, что в полученном стержне остается сообщающаяся пористость. Эта пористость обеспечивает попадание водного раствора в стержень для растворения его после литья.

[0021] В частности, предпочтительный вариант выполнения настоящего изобретения содержит сыпучий материал, предпочтительно содержащий синтетический керамический или муллитовый наполнитель, смешанный с неорганическим связующим и добавкой, повышающей текучесть, для получения смеси. Неорганическое связующее предпочтительно состоит из модифицированного раствора силиката натрия, а добавка, повышающая текучесть, предпочтительно состоит из добавки на основе микрокремнезема. После придания смеси формы стержня стержень покрывают огнеупорным покрытием, состоящим из циркона и/или пластинчатого глинозема, нанесенного на полученную форму стержня для обеспечения определенной толщины во влажном и сухом состоянии.

[0022] Синтетический керамический материал предпочтительного варианта выполнения настоящего изобретения представляет собой спеченный керамический материал, предпочтительно состоящий из кристаллов муллита и корунда, что придает материалу такие качества, как высокая твердость и прочность, позволяющие противостоять разрушению частиц и снижать расход керамического материала в процессе HPDC. Использование синтетического керамического материала обеспечивает термостойкий материал, который не зависит от условий процесса HPDC. Материал предпочтительно имеет определенные однородные размер и форму частиц, что максимизирует пористость стержня и улучшает проницаемость. Предпочтительный размер каждой частицы керамического материала варьируется в диапазоне приблизительно от 30 до 70 при оценке показателя зернистости («GFN») по стандарту Ассоциации литейщиков США. Объемная плотность

материала варьируется в диапазоне приблизительно от 90 до 115 фунтов на кубический фут («фунты/фут³») при неплотной укладке и предпочтительно составляет приблизительно 113 фунтов/фут³ при неплотной укладке, а также приблизительно от 105 до 130 фунтов/фут³ при плотной укладке и предпочтительно составляет приблизительно 125 фунтов/фут³ при плотной укладке. Примером синтетического керамического заполнителя, подходящего для использования в предпочтительных вариантах выполнения настоящего изобретения, является Accucast® ID 50, производимый и продаваемый компанией Carbo Ceramics Inc. Другим примером синтетического керамического заполнителя для использования в предпочтительных вариантах выполнения настоящего изобретения является синтетический керамический заполнитель Bauxit W65.

[0023] Предпочтительная химическая композиция керамического материала, которая считается наиболее подходящей для предпочтительных вариантов выполнения настоящего изобретения, является следующей: содержание оксида алюминия («Al₂O₃») приблизительно от 45 до 85 масс.% и предпочтительно приблизительно 75 масс.%, содержание SiO₂ приблизительно от 9 до 40 масс.%, содержание диоксида титана («TiO₂») приблизительно от 2 до 4 масс.% и предпочтительно приблизительно 3 масс.% и содержание оксида железа («Fe₂O₃») приблизительно от 1 до 10 масс.% и предпочтительно приблизительно 9 масс.%. Эти предпочтительные характеристики керамического материала повышают прочность полученной смеси в отвержденном состоянии для предотвращения разрушения и эрозии во время подачи расплавленного алюминия с высокой скоростью в форму для литья под давлением, содержащую стержень, обеспеченный в соответствии с настоящим изобретением. Кроме того, сочетание однородного размера частиц керамического материала и композиции обеспечивает прочность на изгиб в отвержденном состоянии и прочность на растяжение в отвержденном состоянии стержней, изготовленных с использованием керамического материала такого типа в сочетании со связующим на основе модифицированного раствора силиката натрия и добавкой на основе микрокремнезема, которые выше по

меньшей мере на 50% и 5-10% соответственно, чем в случае стержня с наполнителем, состоящим главным образом из кварцевого песка.

[0024] Кроме того, плохие свойства линейного расширения синтетического керамического материала, используемого в предпочтительных вариантах выполнения настоящего изобретения, повышают точность размеров отливки. Значения линейного расширения предпочтительного керамического материала варьируются в диапазоне приблизительно от 0,65 до 0,75 (% изменения линейного размера, и предпочтительно приблизительно 0,71% при измерении от комнатной температуры до 1600°C), тогда как обычные значения расширения кварцевого песка значительно больше и чаще всего составляют 1,8% изменения линейного размера.

[0025] В предпочтительном варианте выполнения настоящего изобретения неорганическое связующее состоит главным образом из силиката натрия, обычно называемого жидким стеклом. Для оптимизации свойств стержней, полученных в соответствии с настоящим изобретением, в отвержденном состоянии в неорганическое связующее могут быть добавлены модификаторы, в том числе гидроксид бора, натрия, калия и лития. Кроме того, для улучшения текучести полученной смеси наполнителя, связующего и добавки в неорганическое связующее может быть добавлен поверхностно-активный материал, например, поверхностно-активное вещество. Примером связующего, подходящего для использования в предпочтительных вариантах выполнения настоящего изобретения, является связующее Cordis® 8511, производимое и продаваемое компанией Huettenes-Albertus, GmbH. Примером добавки, подходящей для использования в предпочтительных вариантах выполнения настоящего изобретения, является связующее Anorgit™ 8396, производимое и продаваемое компанией Huettenes-Albertus, GmbH.

[0026] Добавка в предпочтительном варианте выполнения настоящего изобретения предпочтительно содержит микрокремнезем. Подходящий микрокремнезем для использования в настоящем изобретении и способ его изготовления описаны в патенте США № 7,770,629, который включен в настоящий документ путем ссылки во всей своей полноте. Обнаружено, что среди аморфных диоксидов

кремния существуют типы, которые заметно отличаются от других с точки зрения их действия в качестве добавки к связующему на основе модифицированного силиката натрия. Если добавляемая добавка представляет собой аморфный SiO_2 в виде частиц, полученный путем термического разложения ZrSiO_4 с образованием ZrO_2 и SiO_2 и последующего по существу полного или частичного удаления ZrO_2 , то обеспечивается неожиданное повышение прочности на растяжение стержней, и/или масса стержней, полученных в соответствии с настоящим изобретением, может быть больше по сравнению со стержнями, образованными из аморфного SiO_2 в виде частиц, полученного в ходе других производственных процессов. Увеличение массы стержней, полученных в соответствии с настоящим изобретением, характерно для стержней, имеющих внешние размеры, аналогичные стержням известного уровня техники (т.е. стержни в соответствии с настоящим изобретением имеют большую плотность), и увеличение массы стержня сопровождается уменьшением газопроницаемости, что свидетельствует о более плотной укладке частиц в материале стержня. Следует отметить, что, стержень с плотной укладкой частиц и высокой плотностью по-прежнему сохраняет открытые промежутки между основным наполнителем, которые позволяют удалять воду после литья. Аморфный SiO_2 в виде частиц, полученный в соответствии с вышеописанным способом, также известен как синтетический аморфный SiO_2 .

[0027] Стержень, полученный в соответствии с настоящим изобретением, содержит:

а) огнеупорный основной материал стержня, состоящий из синтетического керамического материала, имеющего предпочтительные размер и форму частиц;

б) неорганическое связующее, предпочтительно состоящее из Na_2SiO_3 , других неорганических модификаторов и поверхностно-активного вещества;

с) добавку, состоящую из аморфного SiO_2 в виде частиц, причем добавку предпочтительно получают путем термического разложения ZrSiO_4 с образованием ZrO_2 и SiO_2 ; и

д) в котором связующее и добавку смешивают с синтетическим керамическим материалом предпочтительно в соотношении

неорганического связующего к добавке приблизительно 2:1 и, как правило, используют жидкое связующее в количестве приблизительно от 0,9 до 4,0% (в расчете на массу керамического материала) и добавку на основе микрокремнезема в количестве приблизительно от 0,5 до 2,0% (в расчете на массу керамического материала) для получения смеси;

е) в котором смесь выполнена с возможностью выдувания (предпочтительно с использованием давления воздуха) в нагретый инструмент, например, в стержневой ящик, имеющий желаемую форму стержня; и

f) в котором смесь отверждают при повышенной температуре, предпочтительно приблизительно от 130 до 190 градусов Цельсия (°C) для получения готового стержня.

[0028] Как показано на Фиг. 1, альтернативный предпочтительный вариант выполнения настоящего изобретения включает в себя способ формования стержня 100 для использования при HPDC, причем способ содержит этапы, на которых:

а) (технологический этап 10) обеспечивают огнеупорный основной материал 110 стержня, состоящий из синтетического керамического материала, имеющего предпочтительные размер и форму частиц;

б) (технологический этап 20) обеспечивают неорганическое связующее 120, предпочтительно содержащее Na_2SiO_3 , неорганические модификаторы и поверхностно-активное вещество;

с) (технологический этап 30) обеспечивают добавку 130, предпочтительно состоящую из аморфного SiO_2 в виде частиц, причем добавку 130 предпочтительно получают путем термического разложения ZrSiO_4 с образованием ZrO_2 и SiO_2 ;

д) (технологический этап 40) соединяют в смесителе 150 связующее 120 и добавку 130 с синтетическим керамическим материалом 110 предпочтительно в соотношении неорганического связующего 120 к добавке 130 приблизительно 2:1, и, как правило, используют жидкое связующее 120 в количестве приблизительно от 0,9 до 4,0% (в расчете на массу керамического материала 110) и добавку 130 на основе микрокремнезема в количестве

приблизительно от 0,5 до 2,0% (в расчете на массу керамического материала 110) для получения смеси 140;

е) (технологический этап 50) выдувают смесь 140 (предпочтительно с использованием давления воздуха) в нагретый инструмент, например, в стержневой ящик 170, имеющий желаемую форму стержня 100; и

ф) (технологический этап 60) отверждают выдутую смесь 160 при повышенной температуре, предпочтительно приблизительно от 140 до 190°C в стержневом ящике, причем процесс отверждения дополняют использованием обдува 180 горячим воздухом для получения готового стержня 100.

[0029] Субстрат из связующего, добавки и заполнителя необходимо равномерно перемешать для изготовления стержней в соответствии с настоящим изобретением. Время смешивания зависит от характеристик смесителя. В общем стержни в соответствии с настоящим изобретением предпочтительно получают путем смешивания в следующем порядке: сначала заполнитель, затем модифицированная сухая порошковая добавка на основе микрокремнезема, затем модифицированное жидкое силикатное связующее. В общем двухминутного смешивания сухой порошковой добавки с заполнителем, а затем двухминутного смешивания с модифицированным силикатным жидким связующим должно быть достаточно, но время смешивания может варьироваться в зависимости от типа используемого смесителя. Заполняющая смесь может быть приготовлена в любом смесителе периодического действия, представленном на рынке. В промышленности известны эффективные смесители, например, статорные смесители и смесители с S-образными лопастями.

[0030] Количество модифицированного силикатного жидкого связующего, добавляемого в заполнитель, зависит от среднего размера частиц и чистоты материала заполнителя и предпочтительно составляет приблизительно от 0,9 до 4,0% в расчете на массу заполнителя и более предпочтительно от 2,0 до 2,8 масс.%. Количество используемой порошковой добавки на основе микрокремнезема предпочтительно составляет приблизительно от 0,5

до 2,0% в расчете на массу заполнителя и более предпочтительно от 1,0 до 1,4 масс. %.

[0031] После осуществления равномерного смешивания смесь готова для изготовления стержня или формы. В предпочтительном варианте выполнения настоящего изобретения заполняющую смесь выдувают в нагретый стержневой ящик в форме желаемой детали. В зависимости от геометрии стержня температура стержневого ящика варьируется в диапазоне приблизительно от 140°C (284°F) до 190°C (374°F). Тепло в стержневом ящике должно распределяться равномерно. После того, как смесь заполнителя (т.е. синтетический муллит, водорастворимое связующее и добавка) заполнила стержневой ящик, вокруг внешнего контура стержня образуется периферийная оболочка. Последующий процесс отверждения поддерживается и ускоряется путем обдува отформованной смеси в инструменте нагретым воздухом. Подача горячего газа, предпочтительно при температуре в диапазоне от 100 до 200°C, на стержень в стержневом ящике также способствует ускорению процесса отверждения. В зависимости от заполнителя и количества используемой порошковой добавки на основе микрокремнезема и модифицированного силикатного жидкого связующего может быть обеспечена прочность на изгиб в диапазоне приблизительно от 350 до 1000 ньютонов на квадратный сантиметр («Н/см²») при добавлении связующего в количестве приблизительно от 1,5 до 3,5 масс. %. В США, где используются стандартные образцы для испытаний на растяжение AFS, может быть обеспечена прочность на растяжение в диапазоне приблизительно от 300 до 800 фунтов на квадратный дюйм («psi») при добавлении связующего в количестве приблизительно от 1,5 до 6,0 масс. %.

[0032] Время отверждения таких стержней с неорганическим связующим существенно зависит от их объема и геометрии. Предлагаемые начальные параметры зависят от конкретного используемого оборудования для изготовления стержней. Общие настройки пескодувной стержневой машины, широко используемой в промышленности для изготовления стержней желаемых форм, а также используемой в процессе изготовления неорганического разового

стержня в соответствии с настоящим изобретением, являются следующими:

- a) Давление выдува (бар): приблизительно от 3 до 5, обычно 3,5 бар
- b) Время выдува (секунд): приблизительно от 0,5 до 2
- c) Время обдува (секунд): приблизительно от 35 до 60
- d) Давление обдува (бар): приблизительно 2
- e) Температура продува (°C): приблизительно от 100 до 240
- f) Температура стержневого ящика (°C): приблизительно от 120 до 150

[0033] После отверждения полученный стержень в соответствии с предпочтительными вариантами выполнения настоящего изобретения покрывают огнеупорным покрытием для дополнительной защиты отвержденного стержня от расплавленного алюминия, который подается в формы для HPDC при повышенных температурах (приблизительно от 700 до 800°C), высоком давлении (приблизительно от 250 до 400 бар) и скорости (приблизительно 2,5 метра в секунду).

[0034] Покрытие, используемое в настоящей заявке и обеспеченное в соответствии с настоящим изобретением, предпочтительно представляет собой специально разработанный материал, содержащий пластинчатый оксид алюминия высокой плотности в качестве огнеупорной системы и/или смесь пластинчатого оксида алюминия высокой плотности и циркона в качестве огнеупорной системы. Используемые огнеупорные покрытия предпочтительно состоят из пластинчатого оксида алюминия в количестве приблизительно от 75 до 100% и циркона в количестве приблизительно от 0 до 25%. Оба составляющих материала присутствуют в виде мелких порошков, приблизительно 325 меш для пластинчатого алюминия и приблизительно 200 меш для циркона. Оба требуют использования специального огнеупорного связующего для прилипания огнеупорного покрытия к поверхности отвержденного стержня из заполнителя, например, живичной канифоли, используемой в огнеупорном покрытии в количестве приблизительно от 0,5 до 0,9 масс. %.

[0035] Огнеупорные покрытия, либо в виде смеси, как описано выше, либо в виде однокомпонентного огнеупорного покрытия, содержащего пластинчатый оксид алюминия, составляют приблизительно 60-65 масс.% смеси покрытия. Остальная часть покрытия представляет собой воду или изопропиловый спирт, используемый в качестве растворителя, глины, например, бентонит, поверхностно-активные вещества и диспергаторы. Вода и спирт составляют приблизительно 20-25 масс.% покрытия в качестве носителя-растворителя. Остаток покрытия состоит из глин, поверхностно-активных веществ и смачивающих агентов, обычно используемых в огнеупорных покрытиях.

[0036] Любое огнеупорное покрытие может быть дополнительно разбавлено изопропиловым спиртом и имеет соответствующий расход, регулируемый в зависимости от выбранного способа нанесения. Покрытия таких типов могут быть нанесены на поверхность отвержденного стержня из заполнителя, обеспеченного в соответствии с настоящим изобретением, несколькими способами, широко используемыми в промышленности. Такие способы включают в себя погружение, либо ручную, либо с использованием роботизированного манипулятора, нанесение струйным обливом или нанесение поливом.

[0037] Особенно важна толщина такого покрытия, нанесенного на поверхность отвержденного стержня. Толщина вышеописанных покрытий во влажном состоянии составляет от 8 до 12 мил, в зависимости от времени контакта со стержнем. Мил равен 1/1000 дюйма. Обнаружено, что результаты литья являются наилучшими при нанесении двух слоев специального покрытия на стержень, что обеспечивает общую толщину во влажном состоянии приблизительно от 10 до 20 мил и толщину покрытия в сухом состоянии приблизительно от 0,008 до 0,015 дюймов.

[0038] После нанесения покрытию дают высохнуть. Сушка может быть реализована с использованием сушки воздухом, отверждения токами сверхвысокой частоты и сушки в печи с принудительной подачей воздуха. Время сушки зависит от используемого способа. Вышеописанные покрытия обеспечивают очень твердую и прочную поверхность после сушки, называемую «яичной скорлупой». Эта

твердая и прочная поверхность обеспечивает целостность поверхности покрытого стержня из заполнителя до процесса литья. Кроме того, твердая и прочная поверхность подходящей толщины предотвращает проникновение металла в стержень в процессе HPDC с применением вакуума.

[0039] После извлечения отливки стержень, обеспеченный в соответствии с настоящим изобретением, растворяют в воде, что обеспечивает термообработку отливки с образованием раствора и растворяет материал стержня в отливке. Компоненты неорганического связующего могут быть дополнительно переработаны и восстановлены.

[0040] Пример №1: прочность на растяжение стержней

[0041] Образцы стержней для испытания, один из которых содержит основной материал стержня из стандартного кварцевого песка, а другой, обеспеченный в соответствии с предпочтительным вариантом выполнения настоящего изобретения, содержит основной материал стержня из синтетического керамического заполнителя, подвергли испытанию в соответствии с процессом испытания формовочного песка, описанным в документе AFS Mold and Core Test Handbook, а именно в соответствии с процедурой испытания № 3301-08-S, 5223-13-S, 3315-00-S, 1105-12-S, 1114-00-S, 5100-12-S и 1106-12-2, которые включены в настоящий документ путем ссылки во всей своей полноте. В ходе этого испытания изготовили образцы для испытания с использованием неорганической связующей системы, содержащей Cordis® 9032 и Anorgit™ 8396, производимые и продаваемые компанией Huettene-Albertus, GmbH. Один образец содержал основной материал стержня из стандартного кварцевого песка, обычно используемого для изготовления стержней в литейной промышленности, а именно Wedron™ 530, производимый и продаваемый компанией Fairmount Santrol, а другой образец содержал основной материал стержня из синтетического керамического заполнителя, а именно Accucast® ID 50, производимый и продаваемый компанией Carbo Ceramics Inc. 5000 граммов основного материала стержня смешали с неорганическими связующими материалами с использованием смесителя KitchenAid® в соответствии с типичными

процедурами, а именно AFS 3315-00-S. Оценили содержание одной связующей системы, связующее Cordis 9032 в количестве 2,8% с добавкой Anorgit 8396 в количестве 1,4% (в расчете на массу заполнителя). После смешивания смесь заполнителя/неорганического связующего выдули (под давлением воздуха) в стержневой ящик в форме образцов для испытания на растяжение в пескодувной стержневой машине Laempe L1-3. Условия отверждения для подготовки образцов приведены ниже:

Температура стержневого ящика	150°C
Время отверждения	60 секунд
Время выдува	0,5 секунд
Температура горячего воздуха	100°C
Давление выдува	4 бар
Давление конечного обдува	2 бар

[0042] После отверждения образцы подвергли испытанию на максимальную прочность на растяжение с использованием машины для испытания на растяжение, производимой компанией Thwing-Albert. Прочность на растяжение определили через 1 час и через 24 часа после отверждения. Отвержденные образцы после 24 часов также подвергли испытанию на проницаемость в соответствии с процедурой AFS 5223-13-S.

[0043] Результаты были следующими:

Компонент	Заполнитель	
	Wedron 530	Accucast ID 50
Cordis 9032	2,8%	2,8%
Anorgit 8396	1,4%	1,4%
Прочность на растяжение, фунтов на квадратный дюйм		
1 час		
	708	874
	766	849
	713	779
Средняя	729	834
24 часа		
	773	873
	770	815
	798	853
	770	792
	774	844

	771	814
Средняя	776	832
Проницаемость		
Проницаемость	150	240
Использование образцов после 24 часов	120	220
	120	230
Средняя	130	230

[0044] Провели анализ фактического размера в соответствии с процедурами AFS № 1105-12-S и 1106-12-2 для диоксида кремния Wedron™ 530 и заполнителей Accucast® ID 50, как показано ниже. «ADV» означает кислотную потребность по AFS 1114-00-S, а «LOI» означает потери при прокаливании по AFS 5100-12-S.

Ситовый анализ по AFS							
Образец		Wedron 530			Accucast ID 50		
Сито №	Множитель	Граммы	Удерживаемый, %	Продукт	Граммы	Удерживаемый, %	Продукт
30	0,20	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,01
40	0,30	0,27	0,27	0,08	0,28	0,28	0,08
50	0,40	29,00	28,85	11,54	35,14	35,15	14,06
70	0,50	36,73	36,54	18,27	44,71	44,72	23,36
100	0,70	20,99	20,88	14,62	19,58	19,59	13,71
140	1,00	10,32	10,27	10,27	0,17	0,17	0,17
200	1,40	2,99	2,97	4,16	0,03	0,03	0,04
270	2,00	0,23	0,23	0,46	0,02	0,02	0,04
Подсчитанный остаток	3,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03
ИТОГО:		100,53	100,00		99,97	100,00	
Показатель зернистости		59,4			50,5		
pH		7,1			6,3		
ADV, мл		0,0			-0,6		
LOI, %		0,07			0,03		

[0045] Пример №2А: прочность при изгибе стержней

[0046] Изготовили несколько образцов стержней для испытания в соответствии с типичными процессами испытания формовочного песка, некоторые из них содержали основной материал стержня из стандартного кварцевого песка, а другие, обеспеченные в соответствии с предпочтительным вариантом выполнения настоящего

изобретения, содержали основной материал стержня из синтетического керамического заполнителя, а именно Accucast® ID 50. Протестировали прочность при изгибе стержней с использованием либо органической связующей системы для изготовления в холодном ящике, а именно Sigma Cure 7211 Part 1 и 7706 Part 2, отвержденную с использованием Sigma Cat 2185, производимые и продаваемые компанией HA International, либо неорганической связующей системы, а именно связующего Cordis® 8511 и добавки Anorgit™ 8396. Изготовили стержни с использованием способов, подходящих и типичных для изготовления образцов стержней для испытания, либо с кварцевым песком, либо с синтетическим керамическим заполнителем, что будет понятно специалисту в данной области техники.

[0047] После полного отверждения стержни для испытания разместили в зажимном устройстве и определили прочность при изгибе при разрушающей нагрузке путем так называемого трехточечного изгиба с использованием инструмента для испытаний Instron®, производимого и продаваемого компанией Illinois Tool Works Inc. Результаты были следующими:

Испытание стержней при трехточечном изгибе						
					скорость 1 мм/минута	наборы из трех
Образец	Связующее	Cordis/ Anorgit	Сыпучий материал	Масса (г)	Максимальная нагрузка (Н/см ²)	Средняя нагрузка (Н/см ²)
1 org	органическое, холодный ящик		кварцевый песок	2063	1,978	1,642
2 org	органическое, холодный ящик		кварцевый песок	2055	1,979	
3 org	органическое, холодный ящик		кварцевый песок	2052	968	
2 IS	неорганическое	2%/1%	кварцевый песок	2148	1,467	1,465
3 IS	неорганическое	2%/1%	кварцевый песок	2153	1,442	
4 IS	неорганическое	2%/1%	кварцевый песок	2157	1,487	
21 IS	неорганическое	3%/1,5%	кварцевый	2160	2,002	2,154

			песок			
25 IS	неорганическое	3%/1,5%	кварцевый песок	2161	1,946	
29 IS	неорганическое	3%/1,5%	кварцевый песок	2160	2,514	
40 IS	неорганическое	4%/2%	кварцевый песок	2202	1,607	
43 IS	неорганическое	4%/2%	кварцевый песок	2196	3,783	2,410
44 IS	неорганическое	4%/2%	кварцевый песок	2199	1,840	
4 IP	неорганическое	2%/1%	Accucast ID 50	2493	3,040	
8 IP	неорганическое	2%/1%	Accucast ID 50	2487	3,074	3,012
13 IP	неорганическое	2%/1%	Accucast ID 50	2502	2,923	
26 IP	неорганическое	3%/1,5%	Accucast ID 50	2521	3,713	
29 IP	неорганическое	3%/1,5%	Accucast ID 50	2525	4,771	4,104
33 IP	неорганическое	3%/1,5%	Accucast ID 50	2511	3,828	
36 IP	неорганическое	4%/2%	Accucast ID 50	2513	2,914	
38 IP	неорганическое	4%/2%	Accucast ID 50	2529	4,060	3,595
39 IP	неорганическое	4%/2%	Accucast ID 50	2536	3,810	

[0048] Как показано выше, сочетание синтетического керамического заполнителя и неорганического связующего обеспечивает превосходную прочность при изгибе и характеристики.

[0049] Пример №2В: прочность при изгибе стержней

[0050] Изготовили несколько образцов стержней для испытания в соответствии с типичными процессами испытания формовочного песка. Смешали связующее Cordis® 8511 и добавку Anorgit™ 8396 с разными заполнителями в количестве 2,0 масс.% и 2,8 масс.% Cordis® и 1,0 масс.% и 1,4 масс.% Anorgit™. В этом примере заполняющие формовочные материалы были выбраны из Accucast® ID50, Cerabeads 400, производимого и продаваемого компанией

Naigai Itochu, Bauxit W65, производимого и продаваемого компанией Ziegler & Co. GmbH, и кварцевого песка F34, производимого и продаваемого компанией Quarzwerke. Во всех случаях прочность была типичной для европейских образцов для испытания на изгиб.

[0051] Параметры отверждения были следующими: (i) Температура отверждения и обдува газом: 160°C; (ii) время отверждения: 30 секунд.

[0052] Первое испытание провели с использованием оригинальных формовочных материалов Cordis® 8511 в количестве 2,8% и Anorgit™ 8396 в количестве 1,4%, покрытых модифицированным Arkopal® 6804 и Arkopal® E MC 97, оба из которых представляют собой финишные покрытия на водной основе, наносимые на стержни для обеспечения гладкой поверхности стержней.

[0053] Определили прочность при изгибе с использованием машины для испытания на прочность при изгибе, производимой компанией Morek Multiserv, в соответствии с немецкой процедурой Merkblatt R 202 des Vereins Deutscher Gießereifachleute, Ausgabe Oktober 1976. Все указанные значения прочности выражены в Н/см², как показано ниже.

Песок	Связующее	Добавленное количество [%]	Добавка	Добавленное количество [%]	Масса стержня [г]	Прочность в холодном состоянии [Н/см ²]
Кварцевый песок F34	8511	2,8	8396	1,4	138,26	437
Кварцевый песок F34	8511	2,8	8396	1,4	138,26	437
Кварцевый песок F34	8511	2,0	8396	1,0	137,69	287
Кварцевый песок F34	8511	2,0	8396	1,0	137,69	287
Accucast ID 50	8511	2,8	8396	1,4	176,97	707
Accucast ID 50	8511	2,8	8396	1,4	176,97	707

Bauxit W65	8511	2,8	8396	1,4	196,38	1,706
Bauxit W65	8511	2,8	8396	1,4	197,06	1,597
Bauxit W65	8511	2,0	8396	1,0	139,70	1,112
Bauxit W65	8593	2,0	8396	1,0	193,77	1,237
Bauxit W65	8511	2,0	8396	1,0	193,70	1,112
Bauxit W65	8593	2,0	8396	1,0	193,77	1,237
Cerabeads 400	8511	2,8	8396	1,4	141,35	431
Cerabeads 400	8511	2,8	8396	1,4	141,90	443
Cerabeads 400	8511	2,8	8396	1,4	141,85	413
Cerabeads 400	8511	2,8	8396	1,4	141,85	413
Cerabeads 400	8511	2,8	8396	1,4	141,85	413
Cerabeads 400	8511	2,8	8396	1,4	142,11	401
Cerabeads 400	8511	2,8	8396	1,4	142,11	401
Cerabeads 400	8511	2,8	8396	1,4	142,11	401

[0054] При сравнении разных используемых заполнителей в отношении прочности в холодном состоянии синтетический керамический материал Bauxit W65 показал наивысшую прочность как с низким, так и с высоким содержанием связующего. Все синтетические керамические заполнители продемонстрировали значительно более высокую прочность при изгибе, чем обычный кварцевый песок.

[0055] Пример №4: Покрытие литейного стержня

[0056] Изготовили стержни для испытания в соответствии с процессом, использованным в Примере №2. Смешали связующее Cordis® 8511 в количестве 2,0 масс.% и 2,8 масс.% и добавку Anorgit™ 8396 в количестве 1,0 масс.% и 1,4 масс.% с синтетическим керамическим материалом Accucast® ID 50 с использованием обычного смесительного оборудования для литейной промышленности. Затем выдули смесь и дали затвердеть в соответствии с рекомендованной практикой отверждения

неорганических стержней.

[0057] После этого стержни покрыли покрытиями Mold Lite® Plus T и TZ, производимыми и продаваемыми компанией НА International LLC. Mold Lite® PLUS T представляет собой огнеупорное покрытие с высоким содержанием твердых частиц на спиртовой основе. В этом продукте предпочтительно используется пластинчатый оксид алюминия высокой плотности в качестве огнеупорной системы. Mold Lite® PLUS TZ представляет собой огнеупорное покрытие с высоким содержанием твердых частиц на спиртовой основе. Этот продукт представляет собой огнеупорную систему, преимущественно на основе оксида алюминия, смешанную с небольшим количеством циркона. В этих покрытиях используются такие реологические добавки, что после высыхания покрытия остается твердые огнеупорный слой, подобный «яичной скорлупе», толщиной около 5-10 мил в сухом состоянии, который защищает стержни во время обработки и обеспечивает защитный огнеупорный барьер, предотвращающий проникновение расплавленного алюминия в процессе литья под высоким давлением. Стержни погрузили в соответствующие покрытия, которые имели плотность по шкале Боле приблизительно 58° и 12,7-12,8 фунтов/галлон (обычные способы, используемые в литейной промышленности для контроля огнеупорных покрытий). В этих покрытиях используется либо 100% пластинчатый глинозем (325 меш), либо смесь цирконовой муки (200 меш) и пластинчатого глинозема (325 меш) в соотношении 50:50. Стержни однократно опустили в жидкое покрытие и оставили сохнуть на воздухе. Некоторые стержни дважды опустили в соответствующие покрытия для обеспечения дополнительного слоя огнеупорного покрытия. Толщина во влажном состоянии составила приблизительно 10-15 мил и приблизительно 5-10 мил после сушки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Литейный стержень для использования при литье под высоким давлением, причем литейный стержень содержит сочетание:
синтетического керамического заполнителя;
неорганического связующего, содержащего силикат натрия;
добавки, содержащей аморфный диоксид кремния в виде частиц;
в котором неорганическое связующее и добавка обеспечены в стержне в массовом соотношении неорганического связующего к добавке приблизительно 2:1;

причем количество неорганического связующего, обеспеченного в стержне, варьируется в диапазоне приблизительно от 0,9 до 4,0% неорганического связующего по массе в расчете на массу синтетического керамического заполнителя; и

в котором количество добавки, обеспеченной в стержне, варьируется в диапазоне приблизительно от 0,5 до 2,0% добавки по массе в расчете на массу керамического заполнителя.

2. Литейный стержень по п. 1, в котором количество неорганического связующего, обеспеченного в стержне, варьируется в диапазоне приблизительно от 2,0 до 2,8% неорганического связующего по массе в расчете на массу синтетического керамического заполнителя.

3. Литейный стержень по п. 1, в котором количество добавки, обеспеченной в стержне, варьируется в диапазоне приблизительно от 1,0 до 1,4% добавки по массе в расчете на массу синтетического керамического заполнителя.

4. Литейный стержень по п. 1, в котором неорганическое связующее дополнительно содержит неорганический модификатор.

5. Литейный стержень по п. 4, в котором неорганический модификатор представляет собой гидроксид лития.

6. Литейный стержень по п. 1, в котором неорганическое связующее дополнительно содержит поверхностно-активное вещество.

7. Литейный стержень по п. 1, в котором синтетический керамический заполнитель имеет показатель зернистости, который варьируется в диапазоне приблизительно от 30 до 70.

8. Литейный стержень по п. 7, в котором синтетический керамический заполнитель имеет показатель зернистости, который

варьируется в диапазоне приблизительно от 50 до 65.

9. Литейный стержень по п. 1, в котором добавку получают путем термического разложения силиката циркония.

10. Литейный стержень по п. 1, дополнительно содержащий огнеупорное покрытие, образованное из пластинчатого оксида алюминия высокой плотности.

11. Способ формования литейного стержня для использования при литье под высоким давлением, причем способ содержит этапы, на которых:

обеспечивают синтетический керамический наполнитель;

обеспечивают неорганическое связующее, содержащее силикат натрия;

обеспечивают добавку, содержащую аморфный диоксид кремния в виде частиц;

соединяют синтетический керамический наполнитель, неорганическое связующее и добавку для получения смеси, причем неорганическое связующее и добавку обеспечивают в смеси в массовом соотношении неорганического связующего к добавке приблизительно 2:1, при этом количество неорганического связующего, обеспеченного в смеси, варьируют в диапазоне приблизительно от 0,9 до 4,0% неорганического связующего по массе в расчете на массу синтетического керамического наполнителя, а количество добавки, обеспеченной в смеси, варьируют в диапазоне приблизительно от 0,5 до 2,0% добавки по массе в расчете на массу керамического наполнителя;

выдувают смесь в нагретый инструмент, имеющий желаемую форму литейного стержня; и

отверждают выдутую смесь при повышенной температуре, которую варьируют в диапазоне приблизительно от 140 до 190 градусов Цельсия.

12. Способ по п. 11, дополнительно содержащий этапы, на которых:

наносят огнеупорное покрытие на литейный стержень после его отверждения; и

сушат огнеупорное покрытие.

13. Способ по п. 12, в котором огнеупорное покрытие

содержит пластинчатый оксид алюминия высокой плотности.

14. Способ по п. 12, в котором покрытие наносят на литейный стержень для получения общей толщины во влажном состоянии, варьирующейся в диапазоне приблизительно от 10 до 20 мил (от 0,254 до 0,508 мм).

15. Способ по п. 11, в котором количество неорганического связующего, обеспеченного в стержне, варьируют в диапазоне приблизительно от 2,0 до 2,8% неорганического связующего по массе в расчете на массу синтетического керамического заполнителя.

16. Способ по п. 11, в котором количество добавки, обеспеченной в стержне, варьируют в диапазоне приблизительно от 1,0 до 1,4% добавки по массе в расчете на массу синтетического керамического заполнителя.

17. Литейный стержень по п. 11, в котором синтетический керамический заполнитель имеет показатель зернистости, который варьируется в диапазоне приблизительно от 30 до 70.

18. Литейный стержень по п. 11, в котором синтетический керамический заполнитель имеет показатель зернистости, который варьируется в диапазоне приблизительно от 50 до 65.

19. Литейный стержень по п. 11, в котором неорганическое связующее дополнительно содержит неорганический модификатор.

20. Литейный стержень по п. 19, в котором неорганический модификатор представляет собой гидроксид лития.

21. Способ использования литейного стержня при литье под высоким давлением, причем способ содержит этапы, на которых:

формируют литейный стержень путем (i) обеспечения синтетического керамического заполнителя, (ii) обеспечения неорганического связующего, содержащего силикат натрия, (iii) обеспечения добавки, содержащей аморфный диоксид кремния в виде частиц, (iv) соединения синтетического керамического заполнителя, неорганического связующего и добавки для получения смеси, в которой неорганическое связующее и добавку обеспечивают в смеси в массовом соотношении неорганического связующего к добавке приблизительно 2:1, и в которой количество неорганического связующего, обеспеченного в смеси, варьируется в

диапазоне приблизительно от 0,9 до 4,0% неорганического связующего по массе в расчете на массу синтетического керамического заполнителя, и в котором количество добавки, обеспеченной в смеси, варьируется в диапазоне приблизительно от 0,5 до 2,0% добавки по массе в расчете на массу керамического заполнителя, (v) выдувания смеси в нагретый инструмент, имеющий желаемую форму литейного стержня, (vi) отверждения выдутой смеси при повышенной температуре, которая варьируется в диапазоне приблизительно от 140 до 190 градусов Цельсия, (vii) нанесения огнеупорного покрытия на литейный стержень после его отверждения, и (viii) сушки огнеупорного покрытия;

заливают расплавленный металл под высоким давлением вокруг литейного стержня и позволяют металлу затвердеть; и

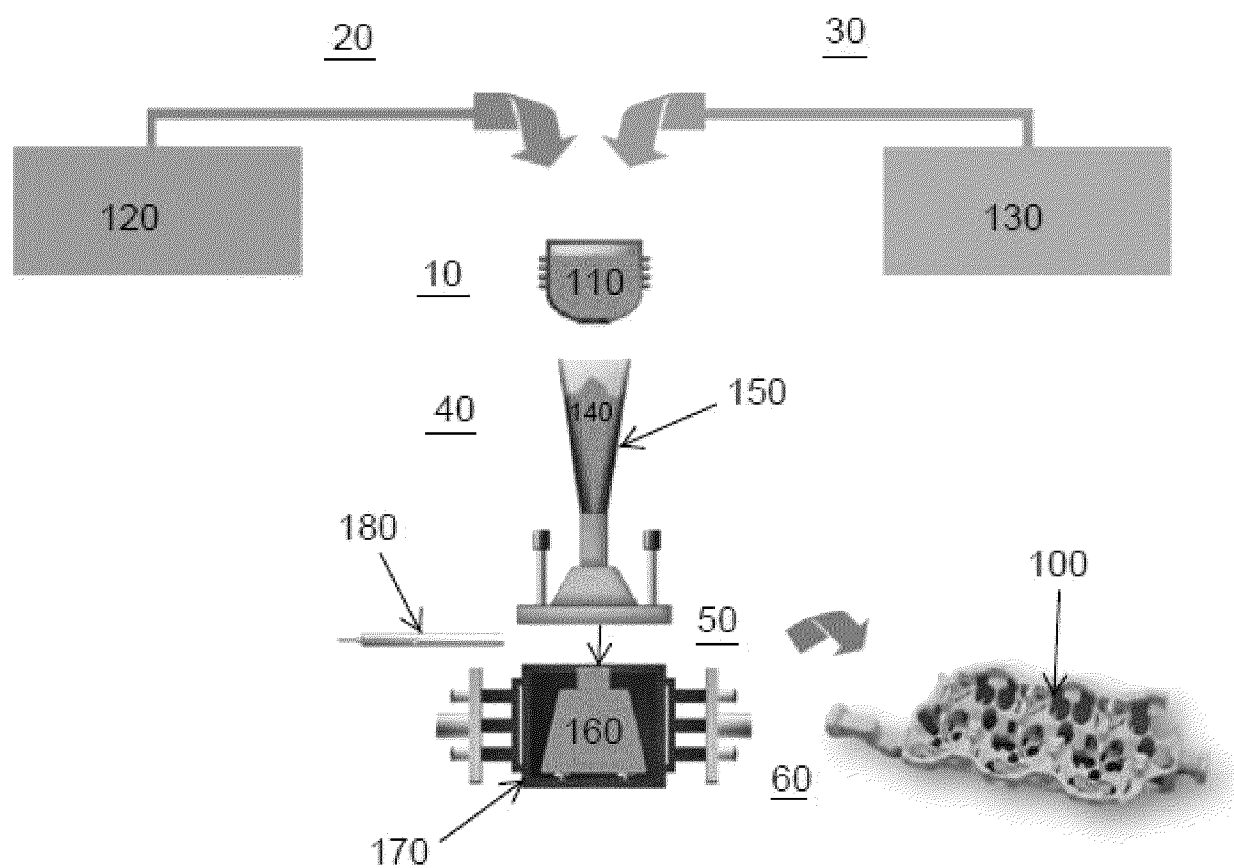
растворяют литейный стержень в водном растворе для растворения литейного стержня из металла.

22. Способ по п. 21, дополнительно содержащий этап, на котором восстанавливают неорганическое связующее после растворения из металла для использования во втором литейном стержне.

23. Способ по п. 22, в котором водный раствор представляет собой воду.

24. Литейный стержень по п. 21, в котором неорганическое связующее дополнительно содержит неорганический модификатор.

25. Литейный стержень по п. 24, в котором неорганический модификатор представляет собой гидроксид лития.



ФИГ. 1