

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 24160

(13) С1

(46) 2023.12.30

(51) МПК

В 22С 1/00 (2006.01)

(54) СМЕСЬ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ ИЛИ СТЕРЖНЕЙ ЭКСТРУЗИОННОЙ 3D-ПЕЧАТЮ

(21) Номер заявки: а 20210280

(22) 2021.09.22

(43) 2023.04.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный аграрный технический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Толочко Николай Константинович; Романюк Николай Николаевич; Авраменко Павел Викторович; Сокол Ольга Васильевна; Копчик Денис Игоревич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный аграрный технический университет" (ВУ)

(56) ТОЛОЧКО Н.К. и др. Применение технологии экструзионной 3D-печати в литейном производстве. Литье и металлургия, 2018, № 4, с. 139-144.

ВУ 9304 С1, 2007.

RU 2167021 С2, 2001.

RU 2703637 С1, 2019.

SU 1313553 А1, 1987.

SU 1315106 А1, 1987.

CN 103272999 А, 2013.

(57)

Смесь для изготовления литейных форм или стержней экструзионной 3D-печатью, содержащая порошкообразную глину, порошкообразный отощитель и воду, отличающаяся тем, что в качестве отощителя содержит хлорид натрия или нитрат калия с размером частиц по меньшей мере в 3 раза меньшим диаметра выходного отверстия сопла экструдера 3D-принтера в количестве не более 50 мас. %.

Изобретение относится к литейному производству и может быть использовано для изготовления литейных форм и стержней с помощью технологии экструзионной 3D-печати.

Известна смесь для изготовления литейных форм или стержней экструзионной 3D-печатью [1]. Эта смесь содержит в качестве исходных компонентов порошкообразную глину и воду. Соответственно, ее готовят путем смешивания исходных компонентов, т. е. порошкообразной глины и воды, в результате чего получается глинистая масса.

Литейные формы и стержни изготавливают с помощью экструзионного 3D-принтера путем выдавливания приготовленной глинистой массы (глинистого теста) через выходное отверстие сопла экструдера 3D-принтера и последовательного осаждения формируемых из нее слоев. Количественное соотношение компонентов глинистой массы выбирают таким образом, чтобы глинистая масса приобретала требуемое вязко-текучее состояние, при котором, с одной стороны, обеспечивается беспрепятственное выдавливание массы через выходное отверстие сопла экструдера и, с другой стороны, предотвращается нежелательное растекание осаждаемых слоев, приводящее к отклонению от требуемой формы и размеров создаваемых изделий. Если глинистая масса слишком вязкая, то ее прохождение через выходное отверстие сопла экструдера затрудняется или становится невозможным, если же она слишком текучая, то ее осаждаемые слои растекаются, делая невозможным

ВУ 24160 С1 2023.12.30

точное построение изделий требуемой формы и размеров. Оптимальное количественное соотношение компонентов глинистой массы устанавливают экспериментально с учетом диаметра выходного отверстия сопла экструдера и, соответственно, поперечных размеров (высоты и ширины) осаждаемых слоев. Чем больше диаметр выходного отверстия сопла экструдера, тем легче выдавливать через него глинистую массу. Но вместе с тем, чем больше поперечные размеры осаждаемых слоев, тем больше опасность их нежелательного растекания.

После завершения 3D-печати полученные литейные формы и стержни подвергают сушке, в результате чего вода из них испаряется и глина затвердевает. При необходимости глина может подвергаться дополнительной термической обработке. Изготовленные таким образом глиняные литейные формы и стержни готовы для получения литых изделий путем заливки расплава металла (температура плавления глины выше 1700 °С, что позволяет ее использовать при литье многих металлов) или же заливки пластмассы (расплава термопласта или жидкофазного реактопласта).

Недостаток такой смеси в виде глинистой массы состоит в том, что изготовленные из нее глиняные литейные формы и стержни трудно удалить из отливки сложной конфигурации, например имеющей глубокие карманы, извилистые каналы и т. п. Удаление их путем механического разрушения оказывается недостаточным, поскольку не удается полностью удалить остатки глины из отливки, особенно из ее труднодоступных мест. Вымывание же глины из таких мест водой является весьма длительным процессом, поскольку вода не проникает вглубь объема глины, а контактирует с ней только по ограниченным участкам открытой поверхности, в результате чего диспергирование глины и унос ее частиц водой происходят медленно. Это обусловлено тем, что глина характеризуется водонепроницаемостью (является устойчивым гидроизолятором).

Также недостаток такой смеси в виде глинистой массы состоит в том, что изготовленные из нее глиняные литейные формы и стержни в процессе сушки подвергаются значительной усадке, что ведет к отклонению их размеров от требуемых значений, т. е. к снижению точности их изготовления.

Наиболее близким аналогом (прототипом) заявляемой смеси является смесь, предназначенная для изготовления литейных форм и стержней экструзионной 3D-печатью, которая содержит в качестве исходных компонентов порошкообразную глину и воду, как и предыдущая смесь, а также дополнительно - порошкообразный отощитель, роль которого играет нерастворимый в воде формовочный кварцевый песок [2]. Соответственно, ее готовят путем смешивания исходных компонентов, т. е. порошкообразной глины, кварцевого песка и воды.

Кварцевый песок, как отощитель, снижает усадку полученных из приготовленных смесей литейных форм и стержней при сушке, а также повышает вязкость смесей, благодаря чему предотвращается растекание осаждаемых слоев и, соответственно, обеспечивается точное построение изделий требуемой формы и размеров.

Кроме того, наличие частиц песка в глине, распределенных по ее объему, способствует более быстрому и полному вымыванию полученных из приготовленных смесей литейных форм и стержней водой. Это объясняется менее плотной песчано-глинистой структурой литейных форм и стержней по сравнению с глинистой, вследствие чего песчано-глинистая структура пропитывается водой легче, чем глинистая, вода, просачиваясь в глину по границам с частицами песка, способствует их удалению из глины.

Однако наличие частиц песка в глине не решает полностью проблему вымывания литейных форм и стержней водой, вымывание происходит все так же недостаточно интенсивно. Более того, наличие частиц песка в глине ухудшает условия осуществления процесса экструзии: чем больше содержание частиц песка в глине и чем больше их размеры, тем труднее выдавливать приготовленные формовочные и стержневые смеси через выходное отверстие сопла экструдера 3D-принтера. При этом в ходе приготовления смеси

ВУ 24160 С1 2023.12.30

возникает необходимость определения граничных значений содержания и размеров частиц песка, выше которых осуществление процесса экструзии для выбранного диаметра выходного отверстия сопла экструдера становится крайне трудным или невозможным.

Задача заявляемого изобретения заключается в повышении функциональных свойств смесей, предназначенных для изготовления литейных форм и стержней экструзионной 3D-печатью, а именно в приготовлении таких смесей, которые обеспечивают возможности для более интенсивного вымывания водой полученных из этих смесей литейных форм и стержней, а также для беспрепятственного осуществления процесса экструзии этих смесей.

Поставленная задача решается тем, что смесь для изготовления литейных форм или стержней экструзионной 3D-печатью, содержащая порошкообразную глину, порошкообразный отощитель и воду, согласно изобретению, в качестве отощителя содержит хлорид натрия или нитрат калия с размером частиц по меньшей мере в 3 раза меньшим диаметра выходного отверстия сопла экструдера 3D-принтера в количестве не более 50 мас. %.

Максимально допустимое содержание и максимально допустимые размеры частиц отощителя в приготавливаемой смеси были установлены при выполнении специальных экспериментальных исследований экструзионной способности смесей. Исследования показали, что при содержании отощителя выше 50 мас. % и/или при размерах частиц больше 1/3 диаметра выходного отверстия сопла экструдера 3D-принтера процесс экструзии нарушается. При этом из экструдера сначала выдавливается разжиженная смесь, обогащенная водой, вытесняемой из основного объема смеси. Одновременно смесь в основном объеме по мере обводнения уплотняется и густеет настолько, что ее экструдирование оказывается практически невозможным - под поршнем экструдера образуется "пробка" из уплотненного материала смеси с повышенным содержанием отощителя. В экспериментах использовали в качестве отощителя соль поваренную, а также песок кварцевый (для сравнения). Для обоих видов отощителя результаты экспериментов были одинаковыми.

В табл. 1 приведены примеры экспериментально установленных особенностей проявления экструзионной способности приготовленных смесей в зависимости от содержания и размеров частиц отощителя - соли или песка (для сравнения), при диаметре выходного отверстия сопла экструдера 1,5 мм.

Таблица 1

Отощитель: состав/содержание (мас. %)/размеры частиц (мм)	Экструзия: наличие (есть) или отсутствие (нет)
Соль поваренная / 48 / 0,4-0,08	есть
Соль поваренная / 29 / 1-0,4	нет
Соль поваренная / 51 / 0,4-0,08	нет
Песок кварцевый / 46 / 0,4-0,08	есть
Песок кварцевый / 46 / 1-0,4	нет

Как видно из табл. 1, нормальное протекание процесса экструзии обеспечивается при содержании отощителя не более 50 мас. % и максимально допустимых размерах частиц отощителя, которые в 3 или более раз меньше диаметра выходного отверстия сопла экструдера 3D-принтера.

Использование в качестве отощителя не кварцевого песка, а водорастворимых веществ способствует повышению интенсивности вымывания полученных из приготовленных смесей литейных форм и стержней водой. Это объясняется тем, что находящиеся в глине частицы водорастворимого вещества, растворяясь в воде, уменьшаются в размерах. Благодаря этому облегчается проникновение воды по границам подрастворившихся частиц вглубь объема глины и, кроме того, облегчается удаление этих частиц из глины.

В табл. 2 приведены примеры экспериментально установленной зависимости интенсивности вымывания литейных форм и стержней водой при наличии разных видов отощителей - соли или песка (для сравнения) в смесях.

ВУ 24160 С1 2023.12.30

В экспериментальных исследованиях использовали модельные образцы литейных стержней в виде пластин размерами 23×10×4 мм, которые запечатывали в пластилиновые контейнеры, имитировавшие отливки, оставляя открытой одну торцевую поверхность. Эту поверхность ориентировали вверх и направляли на нее свободно истекающую водную струю, которая имела объемную скорость истечения 1,2 мл/с и температуру 21 °С. Расстояние от места истечения струи до обрабатываемой ею поверхности образца составляло 12 см.

Таблица 2

Отощитель: состав / содержание (мас. %) / размеры частиц (мм)	Интенсивность вымывания, мм/мин
Соль поваренная / 48 / 0,4-0,08	2,8
Песок кварцевый / 46 / 0,4-0,08	2,4
Нет отошителя (чистая глина)	0,6

Как видно из табл. 2, использование в качестве отошителя водорастворимой поваренной соли вместо нерастворимого в воде кварцевого песка обеспечивает увеличение интенсивности вымывания.

Выбор состава водорастворимого отошителя определяется с учетом назначения приготавливаемых смесей.

Так, при изготовлении литейных форм и стержней для высокотемпературного литья металлов необходимо, чтобы водорастворимый отощитель имел высокую температуру плавления (или разложения), превышающую температуру расплава металла, из которого получают литые изделия. Таким требованиям отвечает, например, хлорид натрия, имеющий температуру плавления ~800 °С. Наоборот, при изготовлении литейных форм и стержней для низкотемпературного литья реактопластов, в частности эпоксидной смолы, можно использовать в качестве водорастворимого отошителя, например, нитрат калия, имеющий температуру плавления ~330 °С.

Нитрат калия, а также некоторые другие соли обладают ярко выраженной положительной температурной зависимостью растворимости. Поэтому при использовании таких солей в качестве водорастворимого отошителя можно дополнительно повысить интенсивность вымывания полученных из приготовленных смесей литейных форм и стержней водой за счет нагрева вымывающей воды. Так, растворимость нитрата калия увеличивается более чем в 4 раза при повышении температуры вымывающей воды с 20 до 70 °С. Таким образом, в предлагаемой смеси для изготовления литейных форм и стержней экструзионной 3D-печатью устанавливаются ограничения на максимально допустимое содержание отошителя и максимально допустимые размеры частиц отошителя, благодаря чему обеспечиваются принципиальные возможности осуществления экструзионной 3D-печати приготовленной смеси.

Также благодаря использованию водорастворимого отошителя в предлагаемой смеси обеспечивается повышение интенсивности вымывания водой литейных форм и стержней, полученных из этой смеси.

Источники информации:

1. Peels, J. Investment Casting and 3D Printing: BFFs [электронный ресурс]. Найдено на [https://3dprint.com/185785/investment-casting-and-3dp/.] [найденно 2017].

2. ТОЛОЧКО Н.К. и др. Применение технологии экструзионной 3D-печати в литейном производстве. Литье и металлургия, 2018, № 4, с. 139-144.