

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039586**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.02.14

(51) Int. Cl. *F27D 1/16* (2006.01)

(21) Номер заявки
201691613

(22) Дата подачи заявки
2015.01.21

(54) **МАТЕРИАЛ ДЛЯ РЕМОНТА ОГНЕУПОРНОЙ ФУТЕРОВКИ**

(31) **61/968,423**

(56) US-B2-8563083
US-B2-7503974
US-A-4339405
US-B1-6315492

(32) **2014.03.21**

(33) **US**

(43) **2017.09.29**

(86) **PCT/US2015/012204**

(87) **WO 2015/142417 2015.09.24**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ВЕЗУВИУС Ю-ЭС-ЭЙ
КОРПОРАЙШН (US)**

(72) Изобретатель:
Херши Райан (US)

(74) Представитель:
**Гизатуллина Е.М., Угрюмов В.М.,
Строкова О.В., Карпенко О.Ю. (RU)**

(57) Предлагаемый состав, содержащий полимер, смолу и цемент, объединенный с наполнителем, может быть использован в качестве наносимой сухим торкретированием смеси, которая может быть нанесена на поверхность путем пневматической подачи в сухой форме к соплу, в котором добавляют воду. Полимер, входящий в состав наносимой сухим торкретированием смеси, позволяет ей прилипать и сцепляться с поверхностью, такой как поверхность углеродистого кирпича, футеровки емкости, используемой для удерживания расплавленного металла. Предлагаемый состав может быть использован, например, для ремонта и защиты футеровок горнов шахтных печей.

B1

039586

039586

B1

Область техники, к которой относится настоящее изобретение

Изобретение относится к материалам для ремонта емкостей, в которых содержится расплавленный металл. Эти материалы находят применение, например, при ремонте футеровок горнов шахтных печей и шахт печей.

Предшествующий уровень техники настоящего изобретения

Шахтные печи используют для обработки железной руды с получением железа и отливки готового продукта в расплавленной форме. Внутренние поверхности шахтных печей футерованы огнеупорными материалами для того, чтобы удерживать расплавленный металл. Поскольку шахтные печи характеризуются значительными геометрическими размерами и сложной структурой, и их перестройка связана со значительными затратами, экономически выгодно максимально увеличить срок службы шахтной печи. Увеличение срока службы влечет за собой увеличение количества промежуточных ремонтов огнеупорной футеровки печи. Увеличение продолжительности ремонта, а также количества ресурсов, затрачиваемых в процессе ремонта, снижает рентабельность шахтной печи. Следовательно, необходимо снизить продолжительность, стоимость и сложность процедуры ремонта футеровки печи.

Футеровка горна шахтной печи характеризуется наличием углеродных (например, углеродистых кирпичей) или графитовых материалов, входящих в состав стенки, объединенной с различными типами систем охлаждения. Жидкий строительный раствор на основе углеродного материала может быть использован между системой охлаждения и стенкой. Материал с высокой проводимостью, такой как углерод, необходим для переноса тепла от стенки к системе охлаждения. Футеровка также должна характеризоваться низкой проницаемостью, высокой прочностью, высокой плотностью и высокой устойчивостью к химическому воздействию.

Во время работы печи футеровка подвержена воздействию очень высоких температур и должна выдерживать воздействие взаимодействующих с ней материалов. Поскольку футеровка изнашивается неравномерно, некоторые части футеровки могут нуждаться в ремонте до того, как потребуется полная замена всей футеровки. Ремонт горна шахтной печи может происходить совместно с остановкой, вызванной ремонтом шахты посредством мокрого торкретирования. Это, как правило, происходит с интервалами приблизительно 18-24 месяца. В процессе эксплуатации современной шахтной печи полные замены футеровки являются очень редкими и могут происходить каждые 20-30 лет. Вяжущий материал могут разбрызгивать на углеродный или графитовый материал, облицовывающий внутреннее пространство емкости. Этот материал должен хорошо сцепляться с углеродным или графитовым материалом, а также должен обладать устойчивостью к химическому и физическому воздействиям, аналогичной устойчивости углеродного или графитового материала, на котором он будет располагаться.

Футеровочный материал горна должен быть устойчивым к химическому воздействию свинца, цинка, чугуна и шлака в нижней части горна, а также должен быть устойчивым к физическому разрушению в результате экстремальных условий эксплуатации. Значения температуры в горне может составлять от 2500 до 3000°F (1371-1648°C). Футеровочный материал горна должен также быть устойчивым к механическому воздействию. Механическая эрозия возникает в результате движения и рециркуляции расплавленного железа, а также в результате вытекания расплавленного железа из печи. Дополнительно, механическая эрозия увеличивается из-за ферростатического давления, обусловленного объемом емкости и высокой плотностью железа над горном.

Некоторые известные футеровочные материалы горна содержат различные типы огнеупорного заполнителя, кальцево-алюминатный цемент, а также другие материалы для образования наносимого мокрым торкретированием материала. Наносимый мокрым торкретированием материал смешивают с водой для получения такой консистенции, которая может прокачиваться бетононасосом, а затем разбрызгиваться путем нагнетания воздуха и ускорителя твердения через сопло для формирования монолитной футеровки без необходимости использования форм.

Другой известный состав для ремонта футеровки горна шахтной печи описан как действующий в качестве "искусственного гарнисажа" для защиты поврежденного горна. Процедура нанесения такого состава предусматривает пневматическую очистку горна, разбрызгивание поверхностно-активного вещества на поверхность кирпичей стенки горна, а затем осуществление торкретирования мокрым способом стенок с использованием содержащей карбид кремния (SiC) смеси для мокрого торкретирования. Смесь для мокрого торкретирования должна характеризоваться таким гранулометрическим составом, который позволяет осуществлять ее перекачку при помощи бетононасоса. Этой процедуре нанесения присущи недостатки мокрого торкретирования, такие как необходимость использования громоздкого и дорогого оборудования, продолжительный срок подготовки к работе, наличие дополнительной стадии разбрызгивания поверхностно-активного вещества для прилипания материала к углеродистому кирпичу, а также требование, предъявляемое к гранулометрическому составу смеси для мокрого торкретирования, чтобы осуществлять ее перекачку бетононасосом.

Устройства для сухого пневматического торкретирования, такие как торкрет-пушка Reed LOVA, торкрет-пушка Allentown N-1, торкрет-пушка Piscola и т.п., использовались для нанесения огнеупорных материалов для ремонта на внутренние поверхности шахтной печи. При осуществлении известных из уровня техники процедур сухого торкретирования печь охлаждают в соответствии со стандартной про-

цедурой охлаждения, характерной для конкретной шахтной печи, для осуществления работ по ремонту шахты и горна. Затем боковые стенки печи пневматически очищают, и материал для ремонта горна наносят при помощи сухого торкретирования на очищенные стенки. Повышение температуры печи может быть начато со значения приблизительно 70°F (21°C), после чего материал нагревают до 350°F (177°C), а затем поддерживают печь при температуре 350°F (177°C) в течение 8 ч. После этого температуру печи повышают до 600°F (316°C) в течение 4 ч. Наконец, печь выдерживают при температуре 600°F (316°C) в течение 12 ч. На этой стадии печь готова к возобновлению эксплуатации.

Краткое раскрытие настоящего изобретения

Настоящее изобретение относится к составу для ремонта футеровок емкостей, используемых для удержания расплавленного металла. Состав может быть использован, например, для ремонта и защиты футеровок горнов шахтных печей. Состав представляет собой однокомпонентную систему, которая приклеивается к углеродистому кирпичу при ее нанесении посредством сухого торкретирования на поверхность углеродистого кирпича, расположенного в горне шахтной печи. Состав содержит огнеупорный наполнитель, цемент, смолу и полимер. Способ нанесения состава предусматривает очистку, например, пневматическую очистку, поверхности углеродистого кирпича, к которой приклеивается состав. Затем с поверхности углеродистого кирпича удаляют пыль. После этого состав согласно настоящему изобретению наносят в один слой посредством сухого торкретирования на углеродистый кирпич. В случае обширных вертикальных площадей может потребоваться установка некоторого количества анкеров из-за объема и плотности, присущих материалу.

Составы согласно настоящему изобретению представляют собой составы для сухого торкретирования, а не составы для мокрого торкретирования. Пригодный для мокрого торкретирования материал является материалом, который смешивают с водой с образованием такой консистенции, которая может перекачиваться бетононасосом, а затем разбрызгиваться путем нагнетания воздуха и ускорителя твердения через сопло для формирования монолитной футеровки без необходимости использования форм. Пригодные для сухого торкретирования смеси (или торкрет-массы) согласно настоящему изобретению наносят путем пневматической транспортировки в сухой форме к соплу, в котором добавляют воду. Пригодным для сухого торкретирования смесям присуще преимущество над смесями для мокрого торкретирования, заключающееся в том, что первые не должны обладать гранулометрическим составом, который является пригодным для прокачки бетононасосом. Сухой порошковый ускоритель твердения содержится в наносимой сухим торкретированием смеси для ее отверждения сразу после нанесения на стену. К ускорителям твердения могут относиться, кроме прочего, силикат натрия, алюминат натрия, гидратированная известь и хлорид кальция. При осуществлении мокрого торкретирования могут быть использованы аналогичные ускорители твердения за исключением того, что их отдельно закачивают в сопло, и они могут быть сухим порошком или суспензией.

Состав согласно настоящему изобретению создает клейкий, наносимый торкретирование материал после того, как он будет объединен с водой в сопле. Полученный в результате материал склеивается и сцепляется с углеродистым кирпичом; склеивание помогает предотвратить растрескивание состава согласно настоящему изобретению, а также его сдвиг относительно углеродистого кирпича. Предлагаемый состав представляет собой материал «все в одном», который будет приклеиваться к поверхности без поверхностно-активного вещества. Конкретные варианты осуществления состава А согласно настоящему изобретению приклеиваются к углеродистому кирпичу при нанесении при температуре всего лишь 45°F (7,2°C).

Полимер, смолу и цемент используют в связывающей системе для смеси наполнителей вариантов осуществления состава согласно настоящему изобретению. Каждый компонент играет некоторую роль для надежного сцепления состава согласно настоящему изобретению с углеродистым кирпичом горна шахтной печи. Полимер, растворенный в воде, позволяет составу согласно настоящему изобретению приклеиваться к углеродистому кирпичу при значениях температуры из диапазона исходных температур, например, от 59 до 77°F (от 15 до 25°C). Цемент обеспечивает отверждение материала и проявляет присущую ему исходную прочность сцепления при диапазоне исходных температур. Затем при повышении температуры приблизительно до 200°F (93°C) начинает затвердевать материал смолы. Сочетание компонентов этой системы создает материал, который успешно помогает защитить углеродистый кирпич шахтной печи.

Полимеры представляют собой тип химического соединения или смеси соединений, которые состоят из множества повторяющихся структур. Повторяющиеся структуры являются молекулами с низкими молекулярными массами, которые связаны друг с другом ковалентными химическими связями. Полимеры, используемые в составе согласно настоящему изобретению, являются водорастворимыми полимерами, которым присущ широкий диапазон функциональных возможностей и преимуществ в целом ряде практических применений. Полимеры, используемым в составе согласно настоящему изобретению, представляют собой полимеры на основе углерода и, следовательно, характеризуются содержанием коксового остатка, который может быть определен путем проведения испытания содержания коксового остатка по Конрадсону, такого как испытание D2416 согласно стандарту Американского общества специалистов по испытаниям материалов. Полимеры, которые могут быть использованы в составе согласно

настоящему изобретению, могут включать в себя любые коммерчески доступные водорастворимые полимеры, такие как целлюлоза, декстран, поли(N-винилпиридин), поли(акриламид/акриловая кислота), полиакриловая кислота, полиэтиленгликоль, полиэтиленоксид, поли(N-винилпирролидон), поливинило-вый спирт, полиакриламид, полиэтиленимин и сочетания этих полимеров. Состав согласно настоящему изобретению представляет собой торкрет для нанесения сухим способом, который разбрызгивают на стенку совместно с водой и сжатым воздухом; при этом водорастворимый полимер, растворенный в составе, способен химически связываться с углеродистым кирпичом. Полимер может составлять включительно от 0,01 до 30 мас.%, от 0,05 до 25 мас.%, от 0,1 до 20 мас.% в процентном отношении ко всей порции состава, включая жидкости и твердые вещества.

Смолы представляют собой термоотверждающиеся полимеры. Полимеры представляют собой тип химического соединения или смеси соединений, которые состоят из множества повторяющихся структур. Повторяющиеся структуры являются молекулами с низкими молекулярными массами, которые связаны друг с другом ковалентными химическими связями. Смолы способны связываться и отверждаться с повышением температуры. Поперечная сшивка смол начинается при температуре приблизительно 200°F (93°C), и это свойство предоставляет составу согласно настоящему изобретению дополнительную прочность при низкой температуре. Смолы, которые могут быть использованы в настоящем изобретении, включают в себя, кроме прочего, следующие полимеры: новолачные фенолоформальдегидные смолы, резольные фенолоальдегидные смолы, эпоксидные смолы, полиэфирные смолы, эпоксидно-полиэфирные гибридные смолы, полиуретановые смолы, сложный полиэфир, акриловая смола и смеси этих материалов. Смола может составлять включительно от 0,01 до 30 мас.%, от 0,03 до 25 мас.%, от 0,05 до 20 мас.% в процентном отношении ко всей порции состава, включая жидкости и твердые вещества.

Гидравлический цемент является еще одним компонентом состава согласно настоящему изобретению. Гидравлический цемент представляет собой тип вяжущего, который отверждается путем формирования гидратированных соединений при смешивании с водой и используется для связывания компонентов заполнителя друг с другом. Гидравлические цементы состоят из различных сочетаний SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 и CaO . К некоторым примерам относятся, кроме прочего, следующие цементы: портланд-цементы всех типов, цемент из доменных шлаков, зольный портланд-цемент, многокомпонентный цемент, пуццолановый цемент, высокоглиноземистый цемент (кальцево-алюминатный цемент), цемент Брунауэра, Гренобль-цемент и романцемент. Цемент может составлять включительно от 0,01 до 20 мас.%, от 0,05 до 18 мас.%, от 0,1 до 15 мас.% в процентном отношении ко всей порции состава, включая жидкости и твердые вещества. Цемент может составлять включительно от 0,01 до 15 мас.% сухого состава, от 0,01 до 14 мас.% сухого состава, от 0,01 до 13 мас.% сухого состава, от 0,01 до 12 мас.% сухого состава, от 0,01 до 11 мас.% сухого состава или от 0,01 до 10 мас.% сухого состава.

Заполнитель является еще одним компонентом состава согласно настоящему изобретению. Используемый тип заполнителя может включать, кроме прочего, прокаленную кремнистую огнеупорную глину (или шамотную глину), прокаленный каолин (такой как Mulcoa® 47), обожженную белую бокситовую глину (такую как Mulcoa® 60 или Mulcoa® 70), андалузит, табулярный глинозем, карбид кремния, нитрид кремния, обожженный оксид алюминия, реактивный оксид алюминия, гидратированный оксид алюминия, тонкую кремнеземную пыль (также именуемую пирогенным кремнеземом или микрокремнеземом), белый корунд, коричневый корунд, обожженный боксит, кремнистый песок, диоксид кремния, глину, кианит, шпинель, плавленый кварц, циркон, диоксид циркония и их сочетания. Mulcoa является торговым наименованием конкретного процесса обжига каолиновой глины или бокситовой каолиновой глины, которую добывают из земных недр, а также полученного в результате продукта. Один пример смеси согласно настоящему изобретению включает в себя Mulcoa 60, табулярный глинозем, карбид кремния, обожженный оксид алюминия, реактивный оксид алюминия и тонкую кремнеземную пыль в качестве используемых заполнителей. Согласно некоторым вариантам осуществления предлагаемого состава огнеупорные заполнители присутствуют во влажном составе в количестве от 5 до 90 мас.%, от 8 до 85 мас.%, от 10 до 80 мас.%, от 40 до 90 мас.%, от 45 до 90 мас.%, от 50 до 90 мас.% и от 55 до 90 мас.% включительно.

Что касается размеров частиц отметим, что Mulcoa 60 характеризуется меш -4 + 8 (от 4,75 до 2,36 мм), табулярный глинозем характеризуется меш от -6 до -50 (от менее 3,35 мм до менее 0,3 мм), карбид кремния характеризуется меш -100 (менее 0,15 мм) и меш -200 (0,075 мм) и все остальные компоненты (водорастворимый полимер, смола, металл, цемент, оксид алюминия и добавки) характеризуются меш -200 (0,075 мм) по американской шкале для измерения частиц. Такой выбор размеров частиц позволяет осуществлять сухое торкретирование состава согласно настоящему изобретению. Различные составы согласно настоящему изобретению могут содержать фракции, которые задерживаются ситом с размером ячеек 9,5 мм, ситом с размером ячеек 8 мм, ситом с размером ячеек 6 мм, ситом с размером ячеек 5 мм, ситом с размером ячеек 4 мм, ситом с размером ячеек 3 мм или ситом с размером ячеек 2 мм.

Состав согласно настоящему изобретению может дополнительно содержать металлсодержащие вещества. Металлсодержащие компоненты, которые могут быть использованы в составе, включают, кроме прочего, алюминий, кремнезем, ферросилиций, нитрид ферросилиция, диоксид титана и их сочетания.

Согласно определенным вариантам осуществления настоящего изобретения металлсодержащее соединение присутствует во влажном составе в количестве от 0,01 до 10 мас.%, от 0,015 до 9 мас.%, от 0,02 до 8 мас.% включительно.

Состав согласно настоящему изобретению может содержать диспергирующее вещество, которое может включать, кроме прочего, тонкодисперсное натрийполифосфатное стекло (гексаметафосфаты натрия), другие фосфаты натрия, органические диспергирующие вещества, такие как нафталин сульфонатная соль, лигносульфонаты натрия. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения натрийполифосфатное стекло присутствует в составе в количестве от 0,01 до 5 мас.%, от 0,015 до 4,5 мас.%, от 0,02 до 4 мас.% включительно.

Состав согласно настоящему изобретению может включать в себя сухой порошковый ускоритель твердения для цемента. Примером такого ускорителя твердения является гидратированная известь ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), однако могут быть использованы многочисленные другие соединения, которые ускоряют твердение цементов, такие как оксид магния (MgO), гидроксид магния и соединения лития. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения гидратированная известь присутствует в составе в количестве от 0,01 до 5 мас.%, от 0,015 до 4,5 мас.%, от 0,02 до 4 мас.% включительно.

Состав согласно настоящему изобретению может содержать полимерные волокна, такие как волокна на основе полиолефина, полиэтилена (ПЭ), полипропилена (ПП) и сочетания ПЭ и ПП. Эти волокна используют для того, чтобы во время цикла сушки способствовать созданию в смеси открытой пористости, способствующей процессу сушки. Согласно некоторым вариантам осуществления настоящего изобретения полимерные волокна присутствуют в мокром составе в количестве от 0,01 до 5 мас.%, от 0,015 до 4,5 мас.% или от 0,02 до 4 мас.% включительно.

Сухие, пневматически транспортируемые, пригодные для сухого торкретирования смеси обеспечивают, по сравнению с мокрыми, перекачиваемыми насосом смесями для мокрого торкретирования, легкий старт, завершение работ и очистку. Вода не требуется для очистки пригодных для сухого торкретирования смесей. При использовании пригодных для сухого торкретирования смесей сопло может быть удалено до 1000 футов (300 м) в горизонтальном направлении или 500 футов (150 м) в вертикальном направлении от торкрет-пушки. Пригодные для сухого торкретирования смеси идеальны для небольших установок массой от 10 до 15 т (от 9000 до 14000 кг). Оборудование для нанесения смесей методом сухого торкретирования является недорогим и имеет более низкие требования к техническому обслуживанию, чем миксеры и насосы для нанесения смесей методом мокрого торкретирования, а также широко доступно на большинстве рынков. Материал для мокрого торкретирования транспортируют в жидком состоянии, тогда как торкрет для нанесения сухим способом перемещают при помощи сжатого воздуха; следовательно, тщательный контроль размера частиц и времени отверждения менее важен для пригодных для сухого торкретирования смесей, чем для пригодных для мокрого торкретирования смесей.

Литым или нанесенным сухим торкретированием материалам, полученным из состава согласно настоящему изобретению, присуща плотность более 122 фунтов на кубический фут (1,95 г на кубический сантиметр), 125 фунтов на кубический фут (2,00 г на кубический сантиметр), 130 фунтов на кубический фут (2,08 г на кубический сантиметр), более 135 фунтов на кубический фут (2,16 г на кубический сантиметр), более 140 фунтов на кубический фут (2,24 г на кубический сантиметр) или более 145 фунтов на кубический фут (2,32 г на кубический сантиметр). Литым или нанесенным сухим торкретированием материалам, полученным из состава согласно настоящему изобретению, может быть присуща пористость менее 25 об.%, менее 22 об.%, менее 20 об.% или менее 18 об.%.

Краткое описание фигур

На фиг. 1 представлено схематическое изображение слоя состава А согласно настоящему изобретению на углеродистом кирпиче после обжига;

на фиг. 2 представлено схематическое изображение слоя известного из уровня техники состава В на углеродистом кирпиче после обжига;

на фиг. 3 представлено схематическое изображение поперечного разреза блока, выполненного из состава А согласно настоящему изобретению, после испытания стойкости чашевидных образцов к воздействию Zn/Fe ;

на фиг. 4 представлено схематическое изображение поперечного разреза блока, выполненного из известного из уровня техники состава В, после испытания стойкости чашевидных образцов к воздействию Zn/Fe ;

на фиг. 5 представлено схематическое изображение поперечного разреза блока, выполненного из состава А согласно настоящему изобретению, после испытания стойкости чашевидных образцов к воздействию Pb/Fe ;

на фиг. 6 представлено схематическое изображение поперечного разреза блока, выполненного из известного из уровня техники состава В, после испытания стойкости чашевидных образцов к воздействию Pb/Fe ;

на фиг. 7 представлено схематическое изображение поперечного разреза блока, выполненного из состава А согласно настоящему изобретению, после испытания стойкости чашевидных образцов к воздействию печного шлака;

на фиг. 8 представлено схематическое изображение поперечного разреза блока, выполненного из известного из уровня техники состава В, после испытания стойкости чашевидных образцов к воздействию печного шлака;

на фиг. 9 представлен вид в перспективе компонентов блока для испытания предела прочности при косом сдвиге; и

на фиг. 10 представлен комбинированный образец для испытания предела прочности при косом сдвиге после раздавливания.

Подробное раскрытие настоящего изобретения

Емкости, разработанные для удерживания расплавленного металла, футерованы защитным слоем, содержащим огнеупорный наполнитель. Шахтная печь, представляющая собой большую емкость, используемую для обработки железной руды с получением железа, является примером такой емкости.

Состав, содержащая огнеупорный наполнитель, цемент, смолу и полимер, может быть объединен с водой внутри сопла и может быть нанесен на внутреннюю поверхность емкости, такой как, например, шахтная печь, разработанной для удерживания расплавленного металла. Эта состав образует защитный слой в футеровке емкости. Кроме того, состав согласно настоящему изобретению может быть использован для ремонта существующей защитной футеровки.

Предлагаемый состав после объединения с водой образует торкрет (или торкрет-массу), который может сцепляться с углеродистым кирпичом, находящимся внутри горна шахтной печи (ШП) Эта торкрет-масса будет использована для ремонта и защиты кладки из углеродистых кирпичей горна шахтной печи. Торкрет-масса является ключевым компонентом процедуры ремонта горна шахтной печи, так как она может быть нанесена одним слоем, который укладывают при помощи сухого метода торкретирования непосредственно на углеродистый кирпич. Кроме того, масса содержит смолу, которая может обеспечить, в зависимости от используемой смолы, термическое отверждение при температуре приблизительно 200°F (93°C).

При растворении водой полимера состава согласно настоящему изобретению создается прозрачная, высоковязкая и клейкая смесь. Эта клейкая смесь при объединении с другими компонентами состава позволяет составу прилипать к углеродистым кирпичам футеровки емкости для обеспечения их защиты. Полимер вместе со смолой предоставляет элементарный углерод, в результате чего состав ковалентно связывается с углеродистым кирпичом. Эта химическая связь позволяет составу защищать углеродистый кирпич от химических и механических воздействий в нижней части емкости. Цемент, присутствующий в составе, представляет собой тип вяжущего, который отверждается путем формирования гидратированных соединений при объединении с водой и используется для связывания компонентов наполнителя друг с другом.

Сухие компоненты состава согласно настоящему изобретению могут быть объединены в миксере. Сухое смешивание может быть осуществлено на протяжении приблизительно 10-20 мин в миксере компании Simpson, и смешанный состав может быть упакован в мешки по 50 фунтов (22,6 кг). Мешки со смешанным составом следует хранить в сухом месте при нулевой влажности для того, чтобы избежать формирования комков в результате реакции воды с цементом.

Перед нанесением материалов согласно настоящему изобретению емкости охлаждают так же, как перед нанесением известных из уровня техники материалов. Для того чтобы нанести материал для ремонта согласно настоящему изобретению, емкость охлаждают до температуры приблизительно 70°F (21°C). После того как материал будет нанесен, емкости нагревают согласно процедурам, используемым для известного из уровня техники материала. Постепенное или ступенчатое повышение температуры предоставляет достаточный промежуток времени для удаления несвязанной воды и химически связанной воды без откалывания материала с поверхности углеродистых кирпичей.

Пример I.

Для сравнения отличия свойств материалов, полученных с использованием известного из уровня техники состава и состава согласно настоящему изобретению, два испытуемых материала изготовили с одинаковым огнеупорным наполнителем.

Состав А согласно настоящему изобретению содержит 20,5 мас.% Mulcoa® 60, 38,5 мас.% табулярного глинозема, 12 мас.% карбида кремния, 2 мас.% водорастворимого полимера, 0,5 мас.% новолачной фенолоформальдегидной смолы, 1,2 мас.% диоксида титана, 10 мас.% оксида алюминия, 10 мас.% кальциево-алюминатного цемента, 5 мас.% тонкой кремнеземной пыли и 0,3 мас.% добавок. Затем 7,25 мас.% воды добавили к этой комбинации, чтобы сделать ее жидкотекучей. Сухие ингредиенты смешивали в стандартном миксере для огнеупорных материалов. Полученные в результате образцы литого материала подвергли испытаниям для определения модуля разрыва (МР), прочности при сжатии в холодном состоянии (ПСХС), объемной плотности и процентной видимой пористости после сушки материала при температуре 230°F (110°C).

Результаты, приведенные в табл. I, являются средними значениями для трех образцов состава А согласно настоящему изобретению.

Таблица I

Состав А согласно настоящему изобретению, высушенный при 230°F (110°C) в течение 24 часов		
МР, фунт на квадратный дюйм	2264 фунта на квадратный дюйм	15600 КПа
ПСХС, фунт на квадратный дюйм	7759 фунтов на квадратный дюйм	53500 КПа
Объемная плотность, фунт на кубический фут	153 фунта на кубический фут (фунт/футы ³)	2,45 г/см ³
Видимая пористость, %	16,3	

Известный из уровня техники состав В содержит 20,5 мас.% Mulcoa® 60, 38 мас.% табулярного глинозема, 12 мас.% карбида кремния, 2 мас.% кремнистого песка, 2 мас.% кианита, 15 мас.% оксида алюминия, 5 мас.% кальцево-алюминатного цемента, 5 мас.% тонкой кремнеземной пыли и 0,5 мас.% добавок. Затем 5,8 мас.% воды добавили к смеси, чтобы сделать ее жидкотекучей. Эти ингредиенты смешивали в стандартном миксере для огнеупоров. Полученные в результате образцы литого материала подвергли испытаниям для определения модуля разрыва (МР), прочности при сжатии в холодном состоянии (ПСХС), объемной плотности и процентной видимой пористости после сушки материала при температуре 230°F (110°C). Результаты этих испытаний для образца известного из уровня техники состава В представлены в табл. II.

Таблица II

Известный из уровня техники состав В, высушенный при 230°F (110°C) в течение 24 часов		
МР, фунт на квадратный дюйм	1054 фунта на квадратный дюйм	7270 КПа
ПСХС, фунт на квадратный дюйм	4183 фунта на квадратный дюйм	28800 КПа
Объемная плотность, фунт на кубический фут	163 фунта на кубический фут (фунт/футы ³)	2,61 г/см ³
Видимая пористость, %	15,1	

Пример II.

Испытание проводили на образцах из состава А согласно настоящему изобретению и известного из уровня техники состава В для сравнения их способностей приклеиваться к углеродистому кирпичу. Слои состава А согласно настоящему изобретению и известного из уровня техники состава толщиной приблизительно полдюйма (12 мм) поместили поверх соответствующих кусков углеродистого кирпича. Оба куска углеродистого кирпича, покрытые соответствующими составами, обожгли в восстановительной газовой среде при температуре 2500°F (1371°C). На фиг. 1 представлен состав А согласно настоящему изобретению на углеродистом кирпиче после обжига. На фиг. 2 представлен известный из уровня техники состав В на углеродистом кирпиче после обжига. Состав А согласно настоящему изобретению приклеился к кирпичу; известный из уровня техники состав В не приклеился к кирпичу; известный из уровня техники состав В может быть вручную оторван от углеродистого кирпича.

Пример III.

Испытание проводили на образцах из состава А согласно настоящему изобретению и известного из уровня техники состава В для сравнения их способностей противостоять химической эрозии. В шахтной печи химическая коррозия является результатом воздействия свинца/железа, цинка/железа и шлака. Приготовили блок из каждого материала с размерами 2 дюйма на 2 дюйма (5×5 см). В середине каждого блока просверлили отверстие для удержания образцов металла внутри материала.

Испытания стойкости чашевидных образцов провели на образцах состава А согласно настоящему изобретению и известного из уровня техники состава В, в которые залили Zn/Fe. Образцы, содержащие Zn/Fe, подвергли воздействию восстановительной газовой среды при температуре 1400°F (760°C) в течение 5 часов. 1400°F (760°C) немного ниже температуры, при которой Zn кипит и испаряется. Массовое отношение используемого образца Zn/Fe составляло приблизительно 1 Zn : 6 Fe.

На фиг. 3 представлено сечение блока, выполненного из состава согласно настоящему изобретению, после испытания. На фиг. 4 представлено сечение блока, выполненного из известного из уровня техники состава, после испытания. Эти изображения демонстрируют отсутствие различий в эрозии меж-

ду образцом, изготовленным из состава согласно настоящему изобретению, и известным из уровня техники образцом после испытания стойкости к воздействию Zn/Fe.

Пример IV.

Подготовили блоки из состава А согласно настоящему изобретению и известного из уровня техники состав В, каждый из которых характеризовался размерами 2 дюйма на 2 дюйма (5×5 см). В середине каждого блока просверлили отверстие для удержания образцов металла внутри материала. Испытания стойкости чашевидных образцов провели на образцах состава А согласно настоящему изобретению и известного из уровня техники состава В, в которые залили Pb/Fe. Образцы, содержащие Pb/Fe, подвергли воздействию восстановительной газовой среды при температуре 2500°F (1400°C) в течение 5 ч. 2500°F (1400°C) немного ниже температуры, при которой Pb кипит и испаряется. Массовое отношение используемого образца Pb/Fe составляло приблизительно 1 Pb : 3,5 Fe.

На фиг. 5 представлено сечение блока, выполненного из состава согласно настоящему изобретению, после испытания. На фиг. 6 представлено сечение блока, выполненного из известного из уровня техники состава, после испытания. Эти изображения демонстрируют отсутствие различий в эрозии между образцом, изготовленным из состава согласно настоящему изобретению, и известным из уровня техники образцом после испытания стойкости к воздействию Pb/Fe.

Пример V.

Подготовили блоки из состава А согласно настоящему изобретению и известного из уровня техники состав В, каждый из которых характеризовался размерами 2 дюйма на 2 дюйма (5×5 см). В середине каждого блока просверлили отверстие для удержания образцов металла внутри материала. Испытания стойкости чашевидных образцов провели на образцах состава А согласно настоящему изобретению и известного из уровня техники состава В, к которым добавили 100% печной шлак С. Композиция образцов печного шлака С представлена в табл. III. Образцы, содержащие шлак, подвергли воздействию восстановительной газовой среды при температуре 2800°F (1540°C) в течение 5 ч. Шлак плавится при температуре 2800°F (1540°C), и это является температурой расплавленного железа, выходящего из летки шахтной печи.

Таблица III. Композиция печного шлака С, полуколичественный анализ Uniquant

Компонент	2/2007 образец, масс. %	9/2009 образец, масс. %	Средний масс. %
CaO	39,1	33,58	36,34
SiO ₂	35,68	40,33	38,005
MgO	9,87	11,61	10,74
Al ₂ O ₃	11,43	11,08	11,255
SO ₃ , S	1,51	1,39	1,45
Fe ₂ O ₃	0,24	0,13	0,185
TiO ₂	1,09	0,53	0,81
MnO	0,25	0,3	0,275
K ₂ O	0,29	0,38	0,335
BaO	0,08	0,16	0,12
Na ₂ O	0,23	0,24	0,235
SrO			
ZrO ₂			
Другое (WO ₃ , легкие элементы и т.п.)	0,15	0,09	0,12
Всего	99,91	99,82	99,865
(CaO+MgO)/SiO ₂	1,37	1,12	1,245
(CaO+MgO)/(Al ₂ O ₃ +SiO ₂)	1,04	0,88	0,96

На фиг. 7 представлено сечение блока, выполненного из состава согласно настоящему изобретению, после испытания. На фиг. 8 представлено сечение блока, выполненного из известного из уровня техники состава, после испытания. Просверленная секция блока, выполненного из состава согласно настоящему изобретению, удерживает печной шлак, тогда как известная из уровня техники композиция демонстрирует проникновение шлака, проходящее практически через весь блок от чаши до внешней поверхности блока.

Пример VI.

Физические свойства блоков, отлитых из состава А согласно настоящему изобретению, измеряли после воздействия температуры 1500°F, 2000°F, 2500°F и 2700°F с последующим охлаждением. Результаты испытаний представлены в табл. IV.

Таблица IV. Физические свойства состава "А" согласно настоящему изобретению

Линейные измерения, ТР-151 (%):		
1500°F (820°C)/5 часов		-0,32
2000°F (1100°C)/5 часов		-0,43
2500°F (1400°C)/5 часов		-0,52
2700°F (1500°C)/5 часов		-0,03
МР в холодном состоянии, ТР-57 (фунт на квадратный дюйм и КПа)		
230°F (110°C)/16+ часов	2264 фунта на квадратный дюйм	15600 КПа
1500°F (820°C)/5 часов	943 фунта на квадратный дюйм	6500 КПа
2000°F (1100°C)/5 часов	1080 фунтов на квадратный дюйм	7450 КПа
2500°F (1400°C)/5 часов	1317 фунтов на квадратный дюйм	9080 КПа
2700°F (1500°C)/5 часов	2021 фунт на квадратный дюйм	13900 КПа
Предел прочности при сжатии в холодном состоянии, ТР-57 (фунт на квадратный дюйм и КПа)		
230°F (110°C)/16+ часов	7759 фунтов на квадратный дюйм	53500 КПа
1500°F (820°C)/5 часов	3649 фунтов на квадратный дюйм	25200 КПа
2000°F (1100°C)/5 часов	5119 фунтов на квадратный дюйм	35300 КПа
2500°F (1400°C)/5 часов	6319 фунтов на квадратный дюйм	43600 КПа
2700°F (1500°C)/5 часов	6385 фунтов на квадратный дюйм	44000 КПа
Объемная плотность, ТР-56 (фунтов на кубический фут и г/см ³)		
230°F (110°C)/16+ часов	153 фунта на кубический фут	2,45 г/см ³
1500°F (820°C)/5 часов	145 фунтов на кубический фут	2,32 г/см ³
2000°F (1100°C)/5 часов	146 фунтов на кубический фут	2,34 г/см ³
2500°F (1400°C)/5 часов	150 фунтов на кубический фут	2,40 г/см ³
2700°F (1500°C)/5 часов	149 фунтов на кубический фут	2,39 г/см ³
Видимая пористость, ТР-56 (%)		
230°F (110°C)/16+ часов		16,3
1500°F (820°C)/5 часов		29,2
2000°F (1100°C)/5 часов		28,4
2500°F (1400°C)/5 часов		24,3
2700°F (1500°C)/5 часов		22,6
МР в нагретом состоянии, ASTM C-583 (фунт на квадратный дюйм и КПа)		
при 1500°F (820°C)	1567 фунтов на квадратный дюйм	10800 КПа
при 2000°F (1100°C)	1564 фунта на квадратный дюйм	10800 КПа
при 2500°F (1400°C)	401 фунт на квадратный дюйм	2760 КПа
при 2700°F (1500°C)	120 фунтов на квадратный дюйм	830 КПа

Пример VII.

Испытание чашевидных образцов на щелочестойкость осуществляли на образцах, выполненных из состава согласно настоящему изобретению, для определения их щелочестойкости. Три образца, выполненных из состава согласно настоящему изобретению, поместили в окислительную газовую среду, и три образца, выполненных из состава согласно настоящему изобретению, поместили в ящик для отжига, характеризующийся наличием восстановительной газовой среды. В каждую из чаш положили по четыре грамма соли. Образцы A2 содержали Na_2CO_3 , образцы B2 содержали K_2CO_3 и образцы C2 содержали смесь из двух солей в соотношении 50:50. Чашевидные образцы подвергли медленному нагреванию (300°F (149°C)/ч) до температуры 2500°F (1371°C) и поддерживали при температуре 2500°F (1371°C) в течение 5 ч. В табл. V приведены данные для кубов, помещенных в окислительную газовую среду, и в табл. VI приведены данные для кубов, помещенных в восстановительную газовую среду.

Таблица V. Испытание чашевидных образцов на щелочестойкость в окислительной газовой среде

A2	B2	C2
Хорошо/отлично	Удовлетворительно/плохо	Удовлетворительно
Содержит соль	Соль отсутствует	Соль отсутствует
Растрескивание отсутствует	Большая трещина	Открытая трещина
Деформация (Разбухание) отсутствует	Деформация отсутствует	Деформация отсутствует

Таблица VI. Испытание чашевидных образцов на щелочестойкость в восстановительной газовой среде

A3	B3	C3
Хорошо	Удовлетворительно	Хорошо
Соль отсутствует	Соль отсутствует	Соль отсутствует
Растрескивание отсутствует	Открытая трещина	Растрескивание отсутствует
Разбухание отсутствует	Разбухание отсутствует	Разбухание отсутствует

Пример VIII.

Испытания на стойкость к термоударам проводили на блоках, сформированных из нанесенного сухим торкретированием состава согласно настоящему изобретению. Десять кубов вырезали из сформированных сухим торкретированием панелей, выполненных из состава согласно настоящему изобретению, которые высушивали при температуре 230°F (110°C) в течение 24 ч. Затем 10 кубов подвергли обжигу при температуре 2000°F (1093°C) в течение 5 ч перед началом испытания на воздействие циклического изменения температуры. Испытание проводили при температуре 2000°F (1093°C). Набор из 5 кубов при температуре 77°F (25°C) поместили в печь с температурой 2000°F (1093°C) на 30 мин. Затем образцы сразу же поместили в емкость, заполненную проточной холодной водой, чтобы подвергнуть образцы резкому изменению температуры. Образцы оставили в воде на 5 мин, после чего их охлаждали при комнатной температуре на полке из оксида алюминия в течение 30 мин, при этом образцы обдувались воздухом. После этого каждый из образцов исследовали на наличие трещин. Этот процесс повторили в течение 10 циклов. Результат испытания приведены в таблице VII. Оценки кубов выставили по шкале от 0 до 5, в которой 0 обозначает отсутствие трещин, 1 обозначает наличие незначительного растрескивания, 2 обозначает наличие среднего растрескивания, 3 обозначает наличие глубокого растрескивания, 4 обозначает наличие сильного растрескивания и 5 обозначает полное откалывание куска куба. Оценки выставляли для состояния куба после 10-го цикла (по шкале от 0 до 5) и в качестве суммы оценок после каждого из циклов 1-10 (по шкале от 0 до 50).

Таблица VII. Результаты испытания на стойкость к термоударам для образцов, выполненных из состава "А" согласно настоящему изобретению

	Куб A4	Куб B4	Куб C4	Куб D4	Куб E4	Куб F4	Куб G4	Куб H4	Куб J4	Куб K4
После 10-го цикла	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3
Сумма 10 циклов	23	25	15	18	26	28	21	21	17	21

Пример IX.

Испытание предела прочности при косом сдвиге осуществляли на блочных узлах, сформированных из углеродистого кирпича (который аналогичен кирпичам, используемым внутри горна шахтной печи),

состава согласно настоящему изобретению и сочетания нанесенной сухим торкретированием композиции согласно настоящему изобретению на углеродистом кирпиче. На фиг. 9 представлен испытательный блочный узел 10, характеризующийся наличием верхней поверхности 12, нижней поверхности 14 и верхней части 20, взаимодействующей с нижней частью 22 вдоль плоскости 24 контакта, наклоненной относительно горизонтальной плоскости. Испытательный блочный узел характеризуется наличием длины 30, ширины 32 и высоты 34. Минимальная высота 36 по лицевой поверхности верхней части представляет собой минимальное расстояние по лицевой поверхности на верхней части 20 между плоскостью 24 контакта и верхней поверхностью 12. Минимальная высота 38 по лицевой поверхности нижней части представляет собой минимальное расстояние по лицевой поверхности на нижней части 22 между плоскостью 24 контакта и нижней поверхностью 14. При испытании образцов использовались следующие размеры: длина 30-2,5 дюйма или 63,5 мм; ширина 32-2 дюйма или 50,8 мм; высота 34-3 дюйма или 76,2 мм; минимальная высота 36 по лицевой поверхности верхней части - 0,5 дюйма или 12,7 мм; и минимальная высота 38 по лицевой поверхности нижней части - 0,5 дюйма или 12,7 мм. Угол наклона плоскости контакта 24 относительно горизонтальной плоскости составлял 39°.

Для осуществления анализа использовалась следующая процедура:

1) сушка углеродистого кирпича/материала состава согласно настоящему изобретению в течение 24 ч при температуре 230°F (110°C);

2) порезка углеродистого кирпича, состав согласно настоящему изобретению и углеродистого кирпича с нанесенным сухим торкретированием составом согласно настоящему изобретению таким способом, чтобы сформировать кубическую конструкцию, изображенную на фиг. 9;

3) отжиг кубов в ящике для отжига при температуре 2000°F (1093°C) в течение 5 ч со скоростью повышения температуры 300°F (149°C) в час;

4) осуществление испытания прочности при сжатии в холодном состоянии для каждого куба, выполнение фотографического снимка каждого куба и регистрация давления раздавливания;

5) раздавливание кубов с постоянной интенсивностью 7000 фунтов (3200 кг)/мин.

В табл. VIII представлены результаты испытания прочности при сжатии в холодном состоянии каждого образца и среднее значение.

Таблица VIII. Данные испытания предела прочности при косом сдвиге

Углеродистый кирпич		
Образец A5	5762 фунта на квадратный дюйм	39700 КПа
Образец B5	5963 фунта на квадратный дюйм	41100 КПа
Образец C5	5712 фунтов на квадратный дюйм	39400 КПа
Среднее значение	5812 фунтов на квадратный дюйм	40100 КПа
Состав А согласно настоящему изобретению		
Образец A6	2958 фунтов на квадратный дюйм	20400 КПа
Образец B6	2976 фунтов на квадратный дюйм	20500 КПа
Образец C6	3224 фунта на квадратный дюйм	22200 КПа
Среднее значение	3053 фунта на квадратный дюйм	21000 КПа
Комбинированный образец (состав согласно настоящему изобретению на углеродистом кирпиче)		
Образец A7	2954 фунта на квадратный дюйм	20400 КПа
Образец B7	4268 фунтов на квадратный дюйм	29400 КПа
Образец C7	4050 фунтов на квадратный дюйм	27900 КПа
Среднее значение	3757 фунтов на квадратный дюйм	25900 КПа

На фиг. 10 представлен комбинированный образец C6 для испытания предела прочности при косом сдвиге после раздавливания. Углеродистый кирпич расположен поверх материала состава согласно настоящему изобретению.

Следует отметить, что возможны многочисленные модификации и изменения настоящего изобретения. Следовательно, понятно, что в пределах объема прилагаемой формулы изобретения настоящее изобретение может быть осуществлено отлично от того, как раскрыто в приведенном выше описании.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Огнеупорная композиция для получения материала для сухого торкретирования для объединения с водой, содержащая

заполнитель, содержащий материал, выбранный из группы, состоящей из прокаленной кремнистой огнеупорной глины, прокаленного каолина, обожженной белой бокситовой глины, андалузита, табулярного глинозема, карбида кремния, нитрида кремния, обожженного оксида алюминия, реактивного оксида алюминия, гидратированного оксида алюминия, микрокремнезема, белого корунда, коричневого корунда, обожженного боксита, кремнистого песка, диоксида кремния, глины, кианита, шпинеля, плавленного кварца, циркона, диоксида циркония и их комбинаций,

при этом заполнитель присутствует в количестве от 5 до 90 мас.% в расчете на композицию, включающую воду и твердые вещества;

поли(N-винилпирролидон), присутствующий в количестве от 0,01 до 30 мас.% в расчете на композицию, включая воду и твердые вещества;

смолу, выбранную из группы, состоящей из новолачной фенолоальдегидной смолы, резольной фенолоальдегидной смолы, эпоксидной смолы, полиэфирной смолы, полиуретановой смолы, акриловой смолы и их комбинаций, при этом смола присутствует в количестве от 0,01 до 30 мас.% в расчете на композицию, включая воду и твердые вещества;

от 0,01 до 15 мас.% цемента, содержащего материал, выбранный из группы, состоящей из диоксида кремния, оксида алюминия, оксида железа (III), оксида кальция и их комбинаций;

добавку, выбранную из диспергирующего вещества, сухого порошкового ускорителя твердения, металлсодержащего компонента, полимерных волокон и их комбинаций, - остальное.

2. Огнеупорная композиция по п.1, в которой заполнитель включает в себя материал, выбранный из группы, состоящей из обожженной белой бокситовой глины, андалузита, табулярного глинозема, карбида кремния, нитрида кремния, обожженного оксида алюминия, реактивного оксида алюминия, гидратированного оксида алюминия, тонкой кремнеземной пыли, белого корунда, коричневого корунда, обожженного боксита и их комбинаций.

3. Огнеупорная композиция по п.1, в которой смола выбрана из группы, состоящей из новолачной фенолоальдегидной смолы, резольной фенолоальдегидной смолы, эпоксидной смолы, акриловой смолы и их комбинаций.

4. Огнеупорная композиция по п.1, в которой цемент представляет собой кальциево-алюминатный цемент.

5. Огнеупорная композиция по п.1, в которой цемент включает материал, выбранный из группы, состоящей из портланд-цемента, цемента из доменных шлаков, зольного портланд-цемента, многокомпонентного цемента, пуццоланового цемента, высокоглиноземистого цемента, цемента Брунауэра, гребноль-цемента, романцемента и их комбинации.

6. Огнеупорная композиция по п.1, дополнительно содержащая гидратированную известь или дополнительно содержащая фосфат натрия.

7. Огнеупорная композиция по п.1, в которой металлсодержащий компонент выбран из группы, состоящей из алюминия, кремния, ферросилиция, нитрида ферросилиция, диоксида титана и их комбинаций.

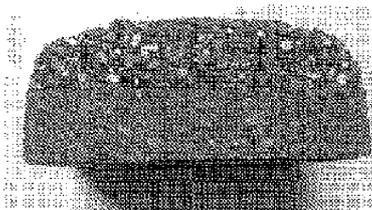
8. Огнеупорная композиция по п.1, в которой диспергирующее вещество выбрано из группы, состоящей из фосфатов натрия, нафталинсульфонатных солей и лигносульфатов натрия.

9. Огнеупорная композиция по п.1, в которой сухой порошковый ускоритель твердения является материалом, выбранным из группы, состоящей из гидратированной извести, гидроксида магния и литий-содержащих соединений.

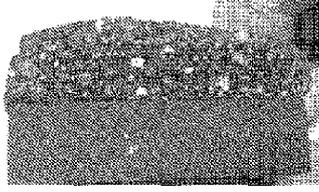
10. Огнеупорная композиция по п.1, в которой полимерные волокна состоят из полиолефина.

11. Огнеупорная композиция по п.10, в которой полиолефин представляет собой полиэтилен, полипропилен и комбинацию полиэтилена и полипропилена.

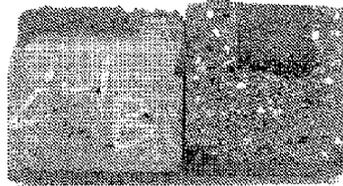
12. Огнеупорная композиция по п.1, в которой заполнитель присутствует в количестве от 40 мас.% до 90 мас.% включительно.



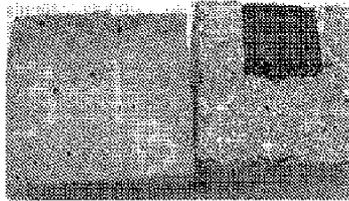
Фиг. 1



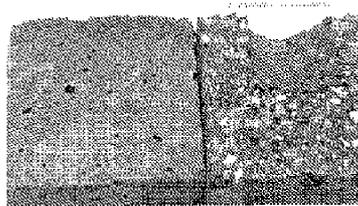
Фиг. 2. Уровень техники



Фиг. 3



Фиг. 4. Уровень техники



Фиг. 5



Фиг. 6. Уровень техники

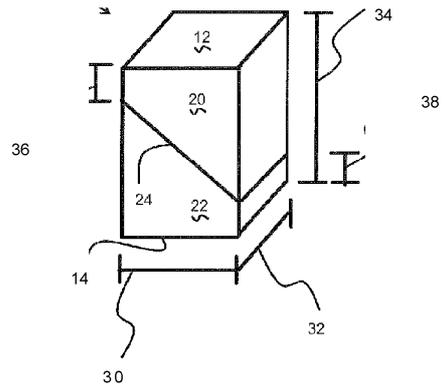


Фиг. 7

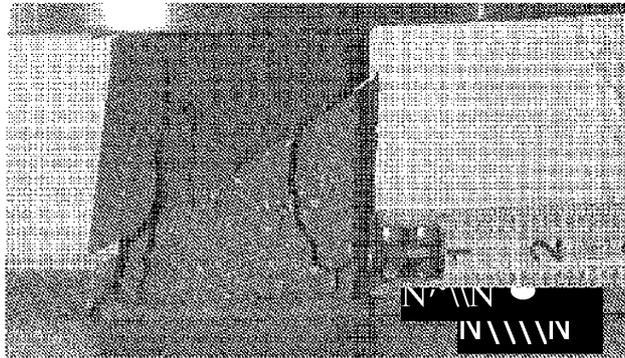


Фиг. 8 Уровень Техники

10



Фиг. 9



Фиг. 10

