

СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО БЛОЧНОГО ПЕНОСТЕКЛА

Имя изобретателя: Наумов В.И. (RU); Наумов Ю.И.

Имя патентообладателя: Наумов Владимир Иванович

Адрес для переписки: 603600, г.Нижний Новгород, ул. Минина, 24, НГТУ, ОИС

Дата начала действия патента: 2003.05.12

Использование: производство пеностекла, высокоэффективного теплоизоляционного материала, широко используемого в строительстве. Технический результат – исключение механической обработки блоков и отсутствие токсичного сероводорода в порах пеностекла. Способ включает приготовление порошкообразной смеси стекла и газообразователя, нагрев смеси в металлической форме в печи вспенивания до пенообразования полученной композиции и отжиг. В смесь дополнительно вводят минеральное поверхностно-активное вещество в количестве 3-5 мас.%, используют карбонатные газообразователи и металлические формы, у которых перед печью отжига освобождают крышку и одну из стенок, делая их подвижными, предотвращая раздавливание блока в печи отжига. Отжиг осуществляют за счет тепла, запасенного металлом форм и блоками пеностекла. Непосредственное вспенивание ведут при $750 \pm 10^\circ\text{C}$ в течение 20-30 мин, скорость снижения температуры в печи отжига в интервале $550-50^\circ\text{C}$ составляет $0,7 - 0,8^\circ\text{C}/\text{мин}$.

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретение относится к производству пеностекла, высокоэффективного теплоизоляционного материала, широко используемого в строительстве.

Для теплоизоляции применяют пеностекло с замкнутыми, а для звукоизоляции - с сообщающимися порами.

Известно, что качество теплоизоляционного пеностекла при использовании углеродсодержащих пенообразователей (кокс, сажа, антрацит) значительно выше, чем при применении карбонатных пенообразователей (мел, мрамор, доломит).

Из патентной литературы известен ряд технических решений по повышению качества блочного пеностекла, получаемого по углеродной технологии из стеклобоя. К числу последних публикаций следует отнести [1, 2].

Согласно [1] часть (75-98%) тонко измельченного стеклобоя гидроксидируют (насыщают влагой до 0,4-1,6 мас.%). Другую часть (2-25%) молотого стеклобоя, смешанного с порошками сульфата натрия, активного кремнезема и оксида бора и 0,2-1,5% активной сажи смешивают с гидроксидированным стеклобоем и жидким стеклом в количестве 0,5-5,0%. Полученную смесь гранулируют, засыпают в форму и подуплотняют до кажущейся плотности $0,96-1,35 \text{ г}/\text{см}^3$, после чего нагревают до температур спекания $450-700^\circ\text{C}$. После спекания шихту вспенивают при $790-860^\circ\text{C}$. После печи вспенивания пеностекло резко охлаждают (закалывают) со скоростью $80-300^\circ\text{C}/\text{мин}$ до температур $540-620^\circ\text{C}$. Далее следует медленный отжиг от $420-520^\circ\text{C}$ до комнатных температур в печи отжига и механическая обработка блоков. Недостатки способа очевидны: высокие температуры вспенивания, многокомпонентная шихта (7 составляющих), дополнительные операции перед вспениванием (гидроксидирование, смешение и уплотнение смеси), наличие вредной операции опиловки блоков.

Аналогичную задачу решают и авторы [2], где в качестве сырья также используют стеклобой, температуры вспенивания ниже на $10-40^\circ\text{C}$, чем в [1], а число компонентов шихты уменьшено до четырех. В данном способе готовят композицию, состоящую из порошков, полученных помолотом в шаровой мельнице бутылочного стекла, песка, силиката

натрия, углеродного газообразователя (кокс, древесный уголь, сажа), которую затворяют водой, полученную пасту нагревают со скоростью 5-10°С/мин до температур 750-850°С и выдерживают при этой температуре 4-5 ч, затем блоки охлаждают в той же печи.

Недостатки способа:

- использование 4-компонентной шихты;
- введение дополнительных операций - получение пасты и формирование блока;
- продолжительность процесса вспенивания 4-5 ч;
- наблюдающаяся частичная кристаллизация стекла, что согласно [3, 4] способствует перфорации пор и увеличению водопоглощения пеностекла;
- вспенивание и охлаждение производится в одной и той же печи, что снижает производительность линии в целом;
- углеродный газообразователь наполняет газопоры токсичным сероводородом.

Карбонатные газообразователи, в отличие от углеродных, не являются поверхностно-активными веществами, характеризуются значительным сродством к расплаву стекла и не могут оказывать на стекольную пену стабилизирующего действия [3, 4]. Эти газообразователи на 70-100°С снижают температуру вспенивания, но пеностекло получается губчатым, с перфорированными стенками газовых ячеек. Считается [3, 4], что получить пеностекло, характеризующееся малым водопоглощением (менее 10%) и плотностью <math><200 \text{ кг/м}^3</math>, используя карбонаты, невозможно, что и явилось причиной отказа от этой технологии в мировой практике. По этой технологии получают лишь акустическое и гранулированное пеностекло.

Теплоизоляционное пеностекло в блоках получают по углеродной технологии двухстадийным способом [4].

По этому способу шихту, содержащую тщательно перемешанные тонкомолотые порошки стекла и углеродсодержащего газообразователя, дозируют в металлические формы и направляют в печь вспенивания (1 стадия). В печи вспенивания в течение 1-3 ч осуществляется нагрев до температур вспенивания. Шихта при нагреве претерпевает ряд превращений: при $T > 600^\circ\text{C}$ порошок стекла размягчается и спекается, превращаясь в вязкую стекломассу; при температурах выше 750°C углеродный газообразователь с заметной скоростью начинает распадаться с образования газообразных продуктов. При $T > 800^\circ\text{C}$ давление выделяющихся газов и вязкость расплава стекла становятся достаточными для вспенивания стекла с образованием замкнутых газовых ячеек. Вспенивание стекла при использовании углеродных газообразователей обычно проводят при температурах $830-890^\circ\text{C}$. Процесс вспенивания при этих температурах в зависимости от состава стекла, способа обогрева и конструкции печей продолжается от 30 мин до 1,5 ч. После печи вспенивания форму с блоком пеностекла резко охлаждают до температур $500-600^\circ\text{C}$, замораживая полученную ячеистую структуру. При этих температурах блоки пеностекла вынимают из форм, чтобы предотвратить их раздавливание металлом в процессе охлаждения в печи отжига. Две боковые стенки форм делаются наклонными, что облегчает освобождение блока. Далее следует отжиг в туннельной печи (2 стадия), головная часть которой обогревается. Отжиг необходим для снятия механических напряжений в объеме пеностекла. Это самый медленный процесс производства, продолжительность которого колеблется от 8 до 16 ч. При меньших временах в объеме и на поверхности пеностекла появляются трещины, что снижает прочность и увеличивает водопоглощение. Далее пеностекло механически обрабатывается пилами для придания блоку прямоугольной формы. Эта операция сопровождается выделением большого количества стеклянной пыли и появлением обрезков пеностекла. Пеностекло, получаемое

по углеродной технологии 2-стадийным способом, имеет замкнутые поры и низкие коэффициенты теплопроводности.

Недостатки известного углеродного способа:

- высокие температуры вспенивания ($>800^{\circ}\text{C}$), требуют повышенного расхода электроэнергии, применения дорогих жаропрочных сталей, снижают сроки службы оборудования и оснастки, а также способствуют кристаллизации стекла, что снижает прочность пеностекла и увеличивает долю перфорированных пор;
- между печами вспенивания и отжига при температурах $500-600^{\circ}\text{C}$ вручную осуществляется опасная операция выемки блоков пеностекла из форм и перегрузка их в печь отжига;
- наличие вредной операции механической опилки блоков пеностекла;
- поры пеностекла содержат токсичный сероводород.

Перечисленные недостатки прототипа устраняются предлагаемым решением.

Решаемая задача - совершенствование известного двухстадийного способа получения пеностекла при улучшении условий труда и экологии.

Технический результат - повышение технологичности способа получения теплоизоляционного пеностекла в блоках за счет снижения температуры и времени вспенивания, исключение операций извлечения блоков из форм перед печью отжига и механической опилки пеностекла.

Этот технический результат достигается тем, что в способе производства теплоизоляционного блочного пеностекла, включающем приготовление порошкообразной смеси стекла и газообразователя, нагрев смеси в металлической форме в печи вспенивания, отжиг изделий, в смесь дополнительно вводят минеральное поверхностно-активное вещество в количестве 3-5 мас. % смеси, используют карбонатные газообразователи, а также металлические формы, у которых перед печью отжига освобождают крышку и одну из стенок, делая их подвижными, предотвращая раздавливание блока пеностекла в печи отжига, который осуществляют, используя тепло блоков и форм, причем непосредственно вспенивание при температуре $750\pm 10^{\circ}\text{C}$ ведут в течение 20-30 мин, а скорость снижения температуры в печи отжига от 550 до 50°C составляет $0,7-0,8^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

Нагрев пеностеклольной смеси до температур вспенивания при временах меньших, чем 1 ч, приводит к образованию каверн на дне блока пеностекла из-за недостаточного прогрева шихты. При нагреве более 2 ч, часть газообразователя успевает разложиться, что приводит к разбросу технических характеристик пеностекла. Увеличение скорости охлаждения в печи отжига более чем $0,8^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ приводит к накоплению механических напряжений в объеме блока, появлению трещин, уменьшению прочности и увеличению водопоглощения пеностекла. Скорости охлаждения менее $0,7^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ приводят к увеличению длины печи отжига и снижению производительности технологической линии в целом. Интервал температур вспенивания $740-760^{\circ}\text{C}$ является минимальным для оконных и тарных стекол, размолотых до удельной поверхности $300 \text{ м}^2/\text{кг}$, поскольку обеспечивает необходимые вязкость стекла и давления газов при использовании карбонатных газообразователей. Более высокие температуры вспенивания приводят к неоправданному расходу энергоносителей.

Предлагаемый способ осуществляют следующим образом. Из тарного или оконного боя стекла готовят тонко молотую шихту с удельной поверхностью $>300 \text{ м}^2/\text{кг}$, содержащую стекло (92-96%), минеральное поверхностно-активное вещество (3-5%), которое и позволяет получать теплоизоляционное пеностекло с замкнутыми газовыми ячейками, и

газообразователь мел или мрамор - (1-3%). Увеличение количества поверхностно-активного вещества в шихте свыше 5% приводит к возрастанию температур вспенивания на 12-15°C на каждый добавляемый процент, а уменьшение его количества от 3,0 до 0,0% приводит к резкому возрастанию объемного водопоглощения с 3 до 30-40%.

Шихту дозируют в специально разработанную нами форму, которую подают в печь вспенивания туннельного типа, где в течение 1,0-2,0 ч осуществляют нагрев от комнатной температуры до $750 \pm 10^\circ\text{C}$ и само вспенивание при этой температуре в течение 20-30 мин.

После печи вспенивания крышку формы с помощью пневматического устройства сдвигают с клиновидных зажимов, расположенных на стенках формы, вследствие чего крышка и одна из Г-образных стенок формы становятся подвижными, что предотвращает раздавливание блока пеностекла в печи отжига при его охлаждении. Использование такой формы позволяет получать блоки пеностекла с заданными геометрическими размерами и исключить из технологического процесса вредную операцию механической обработки блоков. Поверхность блока в этом случае имеет остеклованную поверхность, повышающую прочность пеностекла.

Печь отжига по устройству аналогична печи вспенивания, за исключением того, что нагрев ее начальной части осуществляется только в период пуска производства. В стационарном режиме нагрев этой части печи отключается, так как тепла, запасенного металлом форм и блоками пеностекла, достаточно для поддержания необходимого температурного режима по всей длине печи отжига (скорость снижения температуры от 550 до 50°C не выше $0,7-0,8^\circ\text{C}/\text{мин}$). После печи отжига блоки пеностекла извлекают из форм, упаковывают и направляют на склад. Формы зачищают металлической щеткой и на внутреннюю поверхность наносят неорганическое защитное покрытие, предотвращающее налипание расплавленного стекла. После нанесения покрытия формы подсушивают, заполняют шихтой и цикл вспенивания - отжига повторяют вновь.

Пример осуществления способа

Смешивали 1600 г боя оконного или бутылочного стекла или их смеси с 40 г мела и 50 г минерального поверхностно-активного вещества, в качестве которого использовали поверхностно-активную глину, содержащую в качестве основных компонентов, мас. %: SiO_2 75-77, Al_2O_3 10-13, TiO_2 0,8-1,0, Fe_2O_3 2,3-3,5, CaO 1,5-2,5, MgO 1,5-2,0, размалывали до удельной поверхности $300 \text{ м}^2/\text{кг}$. Смесь засыпали в металлическую форму 400 200 100 мм и направляли в печь вспенивания туннельного типа. Время нагрева печи до температуры вспенивания равнялось 1,5 ч. Время вспенивания при 750°C соответствовало 25 мин. В промежутке между печами вспенивания и отжига в течение 7 мин производили охлаждение пеноблока до $620-550^\circ\text{C}$, после чего замки формы в течение 10-20 с раскрывали, а саму форму направляли в печь отжига. Отжиг в интервале температур $550-50^\circ\text{C}$ проводили со скоростью $0,7^\circ\text{C}/\text{мин}$. Технологические параметры получаемого пеностекла плотностью $200-210 \text{ кг}/\text{м}^3$ приведены ниже.

Другие примеры осуществляли, как пример 1. Использовали типоразмеры форм 250 125 65 и 400 300 100 мм. Технологические режимы и параметры пеностекла не зависели от размера форм.

Предлагаемая технология получения блочного теплоизоляционного пеностекла позволяет получать качественное теплоизоляционное пеностекло плотностью $160 \text{ кг}/\text{м}^3$. В качестве примера приведем технические характеристики пеностекла со средней плотностью $200 \text{ кг}/\text{м}^3$:

- Плотность пеностекла, $\text{кг}/\text{м}^3$ - 190-210
- Прочность при сжатии, МПа - 1,4-2,2

- Водопоглощение, об.% - <4,0 Коэффициент теплопроводности, Вт/м.К - 0,042-0,050

В отсутствие поверхностно-активной глины, при использовании вышеописанных режимов размола, нагрева и охлаждения шихты и средней плотности пеностекла 200 кг/м³ технические характеристики значительно хуже:

- Плотность пеностекла, кг/м³ - 190-210
- Прочность при сжатии, МПа - 0,9-1,4
- Водопоглощение, об.% - 28-40
- Морозостойкость, циклы - не более 20
- Коэффициент теплопроводности, Вт/м.К - 0,076-0,085

Плотность блоков пеностекла, равная ~200 кг/м³, наиболее востребована потребителями и рекомендована для производства. Это связано с тем, что при меньшей плотности коэффициент теплопроводности уменьшается, но при этом снижается и прочность, что ограничивает область применения и увеличивает процент боя при транспортировке и монтаже. При возрастании плотности свыше 200 кг/м³ увеличивается вес и прочность пеностекла, но в еще большей степени увеличивается и коэффициент теплопроводности.

Предлагаемый способ получения теплоизоляционного пеностекла в блоках сочетает в себе преимущества углеродной и карбонатной технологий, является простым, технологичным и позволяет утилизировать бытовые и промышленные отходы стекла.

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Патент РФ №2187473 "Способ получения блочного пеностекла", Суворов С.А., Шевчик А.П., Можегов В.С., Ли Чы-Тай, кл. 7 С 03 В 19/08, С 03 С11/00, опубл. 20.08.2002, бюл. №23.
2. Патент РФ №2167112 "Способ получения пеностекла", Кетов А.А., Пузанов И.С., Пьянков М.П., Саулин Д.В., кл. 7 С 03 С 11/00, С 03 В 19/08, опубл. 20.05.2001, бюл. №14.
3. Шилл Ф. Пеностекло, Изд-во литературы по строительству, М., 1965, 307 с.
4. Демидович Б.К. Производство и применение пеностекла, Минск: Наука и техника, 1972, 304 с.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ производства теплоизоляционного блочного пеностекла, включающий приготовление порошкообразной смеси стекла и газообразователя, нагрев смеси в металлической форме в печи вспенивания, отжиг изделия, отличающийся тем, что в смесь дополнительно вводят минеральное поверхностно-активное вещество в количестве 3-5 мас.% смеси, используют карбонатные газообразователи, а также металлические формы, у которых перед печью отжига освобождают крышку и одну из стенок, делая их подвижными, предотвращая раздавливание блока пеностекла в печи отжига, который осуществляют, используя тепло блоков и форм, причем непосредственно вспенивание при температуре (750±10)°С ведут в течение 20-30 мин, а скорость снижения температуры в печи отжига от 550 до 50°С составляет 0,7-0,8°С/мин.
