

содержащим диопсид, рис. 2, б. Менее резкий характер нарастания объемной усадки наблюдается у композиций на основе волластонита, рис. 2, а. Минимальное значение p соответствует образцам, содержащим цеолит. Также было отмечено увеличение усадки на ранних стадиях отверждения композиций с цеолитом, что, скорее всего, обусловлено адсорбцией наполнителем компонентов смолы.

Приведенные результаты показывают, что природные силикаты диопсид и волластонит играют роль ускорителей отверждения полиэфирной смолы, а цеолит тормозит этот процесс. При оптималь-

ных содержаниях волластонита и диопсида композиции на их основе можно изготавливать с частичной заменой или без введения дорогостоящих, токсичных и в контакте с инициаторами взрывоопасных органических ускорителей. Кроме того, комбинируя наполнители, можно изменять скорость отверждения и создавать материалы с требуемым комплексом свойств. Введение минеральных наполнителей позволяет снизить усадку готовых материалов от 8 до 3 %, а, учитывая их низкую стоимость и наличие больших запасов в Сибирском регионе, значительно уменьшить цену конечной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батаев А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. — 384 с.
2. Практикум по полимерному материаловедению / Под ред. П.Г. Бабаевского. — М.: Химия, 1980. — 256 с.
3. Иконникова К.В., Иконникова Л.Ф., Саркисов Ю.С., Минакова Т.С. Методические материалы к практическим работам по определению кислотно-основных поверхностей. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2003. — 28 с.
4. Коляго Г.Г., Струк В.А. Материалы на основе ненасыщенных полиэфиров. — Минск: Наука и техника, 1990. — 143 с.
5. Малкин А.Я., Бегишев В.П. Химическое формирование полимеров. — М.: Химия, 1991. — 240 с.
6. Соломатов В.И., Бобрышев А.Н., Химмлер К.Г. Полимерные композиционные материалы в строительстве / Под ред. В.И. Соломатова. — М.: Стройиздат, 1988. — 312 с.
7. Кузнецов Г.К., Чиркова Е.А. Влияние силикатных наполнителей на отверждение полиэфирных смол // Пластические массы. — 1982. — № 3. — С. 20–23.
8. Гладышев Г.П., Попов В.А. Радикальная полимеризация при глубоких степенях превращения. — М.: Наука, 1974. — 243 с.

УДК 666.123.22

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОСОРТНЫХ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕКЛОТАРЫ И ЧЕРЕПИЦЫ

Н.С. Крашенинникова, О.В. Казьмина, А.В. Прошкина

Томский политехнический университет

E-mail: kazmina@tpu.ru

Установлена принципиальная возможность использования песка Кудровского месторождения Томской области в производстве тарного стекла. Обогащение фракции песка с размером частиц более 0,2 мм оттирочно-флотационным методом позволяет получать качественное тарное стекло коричневого цвета. С целью комплексного использования песка фракцию размером менее 0,2 мм предлагается применять в качестве наполнителя полимерной композиции для производства черепицы.

Ситуация с обеспечением стекольного производства Западно-Сибирского региона минеральным сырьем осложнена тем, что данный экономический район не имеет собственной базы кондиционного сырья, стекольные заводы вынуждены привозить сырьевые материалы из других районов России. В то же время потребность предприятий, выпускающих определенные виды стеклоизделий, в основном кварцсодержащем материале может быть удовлетворена за счет использования песка местных месторождений. Изучение и применение близлежащих песков взамен привозных способствует комплексному и эффективному использованию местных природных сырьевых материалов.

Объектом исследования в предлагаемой работе является песок Кудровского месторождения Томской области. Работа проводилась по двум направ-

лениям, связанным с исследованием возможности использования Кудровского песка в качестве кварцсодержащего сырья для производства стекла, а также в качестве наполнителя полимерной композиции для производства черепицы.

Выбор данных направлений связан, во-первых, со строительством в непосредственной близости от Кудровского месторождения завода по производству тарного стекла, во-вторых, с возросшим спросом на новые виды кровельных материалов. В настоящее время наряду с керамической черепицей широкое распространение получили сравнительно дешевые песчано-полимерные кровельные материалы [1]. Они имеют ряд преимуществ: высокая механическая прочность, меньший вес (в 2...2,5 раза легче керамической и цементной черепицы), высокая стойкость к воздействию плесени, грибков, кислот и др. [2].

Кварцевый песок является основным кремнеземсодержащим компонентом в составе стекольных шихт для производства большинства видов стекол, его содержание в шихтах составляет более 70 мас. %. Поэтому к качеству песка предъявляют довольно жесткие требования по химическому, минералогическому, гранулометрическому составам, а также к постоянству химического состава и содержанию различного рода примесей [3].

По минералогическому составу исходный Кудровский песок относится к глинисто-полевошпатовым и содержит 90...97 мас. % кварца, 3...10 мас. % полевого шпата, а также глинистых минералов в виде гидрослюды.

Пески – это обломочные породы, состоящие в основном из зерен кварца, которые по размеру частиц делятся на крупнозернистые – 1,00...0,50 мм, среднезернистые – 0,50...0,25 мм и мелкозернистые – 0,25...0,10 мм. Кудровский песок относится к среднезернистым пескам, т.к. практически на 75 % состоит из частиц размером 0,50...0,25 мм, остальное – мелкая фракция с размером частиц менее 0,1 мм, рис. 1.

Согласно приведенным характеристикам и требованиям ГОСТа 22551-77 на кварцевый песок (табл. 1), Кудровские пески в исходном состоянии (П₁) относятся к марке Т, что делает их пригодными для производства тарного зеленого стекла.

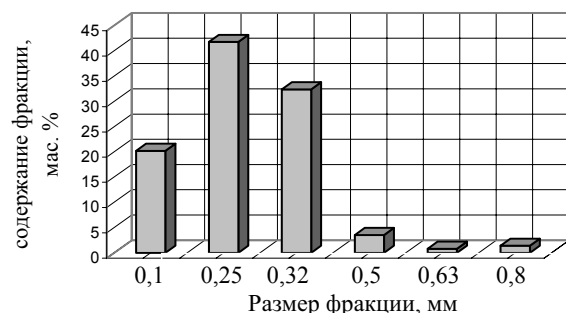


Рис. 1. Гранулометрический состав исходного песка Кудровского месторождения

Известно, что примеси в песках присутствуют в виде отдельных зерен минералов (слюда, полевой шпат), в виде пленок на зернах кварца, включений в массы зерен или в виде твердых растворов с основными минералами [4]. Максимальное количество (до 65 %) оксидов железа вносится в стекло с тонкодисперсной фракцией песка, а также с пленкой на поверхности зерен кварца. Поэтому, для повышения сортности песков их подвергали классификации с целью удаления мелкой (менее 0,2 мм) фракции и обогащению оттирочно-флотационным методом. Обогащенные пески (П₂) соответствуют марке ПС–250, КТ (ГОСТ 22551-77) и пригодны для производства полубелого и коричневого тарного стекла.

В связи с тем, что в последнее время возрос спрос на коричневую стеклотару для различных видов пищевой продукции, для дальнейших исследований выбран состав коричневого тарного стекла. Варку стекла проводили в лабораторной силитовой

печи, в корундовых тиглях при температуре 1430 °С, с выдержкой расплава при максимальной температуре 30 мин. Для получения стекла выбранного состава готовили шихту с использованием обогащенного Кудровского песка согласно рецепта, приведенного в табл. 2.

Таблица 1. Химический состав песка Кудровского месторождения

Индекс песка	Содержание оксидов, мас. %	Δm_{np}^*			
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O
Исходный песок (П ₁)	97,26	1,47	0,27	0,4	0,6
Обогащенный песок (П ₂)	99,32	0,33	0,19	–	0,16
ГОСТ 22551-77	> 95	< 2	< 0,15	–	–

* Δm_{np} – потери при прокаливании

Из полученной стекломассы были приготовлены стандартные образцы, визуальный осмотр которых показал наличие полного провара и осветления стекла. В целом качество образцов соответствовало требованиям отраслевых стандартов, предъявляемых к тарному стеклу [5].

Таблица 2. Расчетный состав шихты и стекла

Сырьевые материалы	Состав шихты, в.ч., на 100 в.ч. стекломассы	Содержание оксидов, мас. %					
		SiO ₂	Na ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Песок	62,63	62,4	–	–	–	0,21	0,120
Сода	21,74	–	12,73	–	–	–	0,001
Доломит	22,49	0,07	–	6,930	3,990	–	–
Полевой шпат	12,72	8,65	1,76	0,064	0,041	2,56	0,051
Сульфат натрия	7,43	–	0,05	–	–	–	–
Крокус	0,44	–	–	–	–	–	0,310
Итого	127,45	71,12	14,54	6,994	4,031	2,77	0,480
Заданный состав стекла	–	71,10	14,60	7,00	4,00	2,80	0,502

С целью комплексного использования Кудровского песка исследования по второму направлению, а именно получению песчано-полимерной черепицы, проводили на песке с размером частиц менее 0,2 мм. В качестве полимерной добавки, выполняющей роль пластификатора, использовали бытовые полимерные отходы, которые обратимо переходят при нагревании в пластическое состояние: полиэтилен, полипропилен, полистирол и полиэтилентерефталат. Наиболее важные физико-механические характеристики этих материалов представлены в табл. 3 [6].

По температурам плавления и размягчения, рассмотренные полимерные отходы можно условно разделить на две группы: полиэтилен, полипропилен – «мягкие полимеры» (МП); полиэтилентерефталат, полистирол – «твердые полимеры» (ТП).

Основными технологическими стадиями процесса получения песчано-полимерной черепицы являются измельчение полимерных отходов, при-

готовление рабочей смеси и ее прессование. В данной работе за основу была принята технологическая схема, которая используется в производстве песчано-полимерной черепицы.

Таблица 3. Физико-механические свойства полимеров

Свойства	Полиэтилен	Полипропилен	Полистирол	Полиэтилен-терефталат
Температура плавления, °С	103...137	160...176	–	260
Температура размягчения, °С	–	–	80...220	245
Предел прочности при растяжении, МПа	10...45	30...35	40...50	175

Стадия измельчения полимерных отходов, необходимая для однородного перемешивания их с наполнителем, осуществляется в промышленных условиях с помощью дробилки барабанного типа до частиц размером 2...20 мм. Причем, отходы «мягкого» и «твердого» пластика дробятся отдельно [7]. Затем, для получения однородной полимерной массы, измельченный полимер загружается в экструзионную машину в пропорции 60 % «мягкого» и 40 % «твердого» полимера. Процесс регенерации непрерывен, при этом температура массы на выходе составляет 165...200 °С. После охлаждения масса дробится до фракции размером 2...10 мм и перемешивается с песком, предварительно смешанным с красителем. Полученная песчано-полимерная масса загружается в плавно-нагревательный агрегат, где нагревается до 250 °С и подается на прессование.

После процесса формовки изделие размещается на сушильном столе, где под воздействием окружающего воздуха происходит окончательное остывание и фиксация изделия, а также очистка его от облоя.

С целью выбора оптимального состава рабочей смеси и температуры формования проведена серия опытов при различных соотношениях песка и полимеров (табл. 4) и режимах термообработки.

Таблица 4. Составы рабочих смесей для получения песчано-полимерных образцов

Компонент	Содержание компонентов, мас. %							
Песок	30	50	70	75	–	75	75	75
МП	70	50	30	25	25	–	15	15
ТП	–	–	–	–	–	25	10	10

Песчано-полимерные образцы получали методом горячего прессования в металлической форме. В зависимости от вида полимерных отходов температура нагревания составляла: МП – 220 °С; ТП – 320 °С. Время выдержки при данных температурах изменялось от 10 до 40 мин, давление прессования составляло 40...45 МПа.

Лучшие образцы с гладкой поверхностью и ровными краями были получены на «мягких полимерах» с использованием состава рабочей смеси (мас. %): 75 песка и 25 полимера. В предлагаемой работе измельчение МП осуществляли резанием до получения кусков размером до 5 мм, что позволило добиться удовлетворительной однородности рабочей смеси без ее дополнительной экструзии.

Результаты проведенных исследований позволили внести изменения в существующую технологию, связанные с подготовкой сырьевых материа-

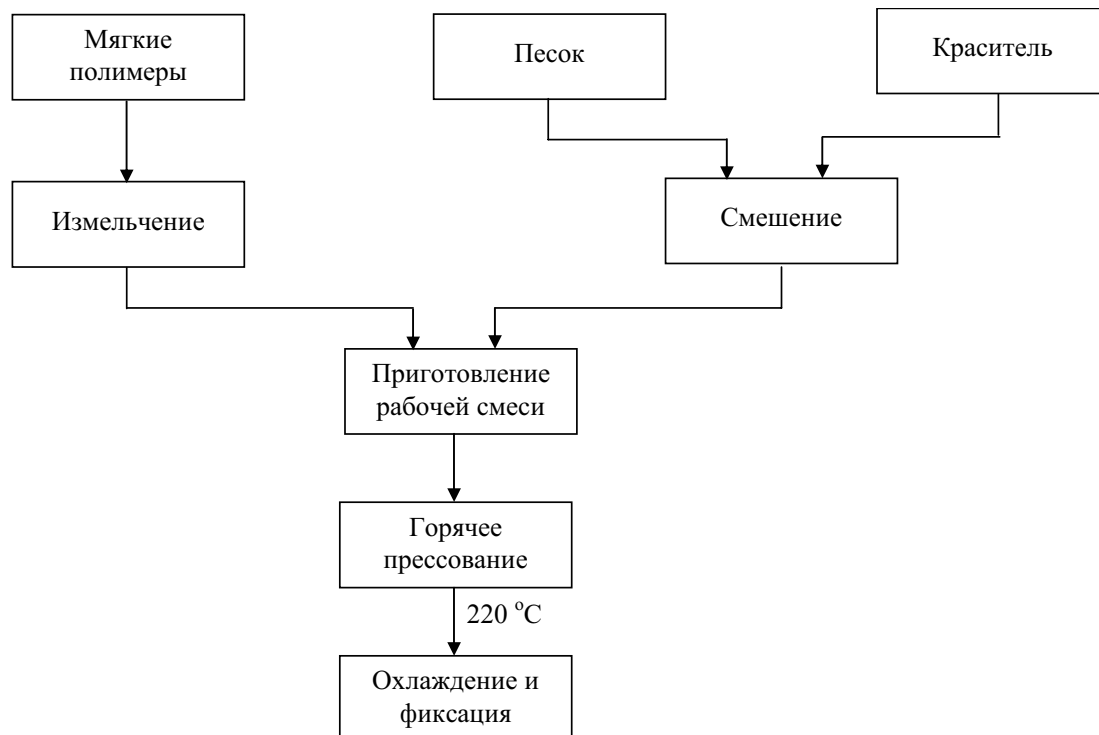


Рис. 2. Технологическая схема получения песчано-полимерной черепицы

лов и температурным режимом формования, которые отражены в технологической схеме, рис. 2.

Таблица 5. Свойства материалов и изделий на основе кварц-содержащего сырья

Показатель	Песчано-полимерные образцы	Песчано-полимерная черепица (ТУ 5756-57282389-001-01)	Керамическая плитка (для пола)
Прочность при сжатии, МПа	20,82	–	–
Прочность при изгибе, МПа	16	15	19
Термостойкость, °С	100	–	125
Водопоглощение, %	1,83	< 6	< 4,5
Химическая стойкость	Стойки к кислотам и щелочам		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анцупов Ю.А., Ильин А.В., Лукасик В.А. Изготовление отделочных плиток на основе полимерных отходов // Строительные материалы. – 2004. – № 1. – С. 44–45.
2. Каменев Е.И., Мясников Г.Д., Платонов М.Г. Применение пластических масс: Справочник. – Л., 1985. – 448 с.
3. Парюшкина О.В., Мамина Н.А. и др. Стекольное сырье России. – М.: АО "Силинформ", 1995. – 84 с.
4. Панкова Н.А., Михайленко Н.Ю. Стекольная шихта и практика ее приготовления. – М.: РХТУ, 1997. – 80 с.
5. Новый стандарт на марки стекол // Стекло и керамика. – 2002. – № 8. – С. 32–33.
6. Химическая энциклопедия: В 5 т. – Т. 3 / Редкол.: И.Л. Кнунянц и др. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1992. – 639 с.
7. Сидненко П.М. Измельчение в химической промышленности. – М.: Химия, 1968. – 282 с.

УДК 669.017.3+539.26

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ

В.Д. Клопотов, В.П. Нестеренко

Томский политехнический университет
E-mail: VKlopotov@mail2000.ru

С помощью численного моделирования решена нестационарная задача распространения тепла в основной плоскости резца при различной интенсивности тепловых потоков, образующихся в зоне контакта режущего клина с обрабатываемым материалом. Исследовано распределение температурного поля вдоль режущей кромки резца при минимальном износе и при износе, близком к критическому. Определены границы износа режущего инструмента, при достижении которых невозможно эффективное его использование.

Введение

При проектировании состава и свойств инструментальных материалов чрезвычайно важной является информация о вероятном распределении температур в режущем клине. Исследованию вопроса распределения тепла на передней и задней поверхности режущих инструментов посвящено довольно много теоретических и практических работ [1, 2]. Вместе с тем, износ режущего инструмента тесным образом связан с распределением тепловых напряжений вдоль режущей кромки. В связи с этим моделирование распределения температурных полей на этом участке может предоставить важные

Использование в качестве пластификатора только «мягких полимеров», а не смеси МП и ТП, как в существующей технологии, позволяет упростить схему, исключив из нее стадию экструдирования и измельчения экструдата, при этом температура формования практически не изменяется.

По технологическим свойствам полученные образцы отвечают основным требованиям, предъявляемым к песчано-полимерной черепице, и находятся на уровне показателей для керамической плитки (табл. 5).

Таким образом, песок Кудровского месторождения может быть использован для частичной или полной замены кварцсодержащего сырья в производстве тарного стекла, а также успешно применяться как основа для производства песчано-полимерной черепицы с одновременной утилизацией полимерных отходов.

дополнительные сведения, необходимые для конструирования свойств инструментальных материалов, а также для оптимизации процесса резания. Для достижения обозначенных целей решалась нестационарная задача распространения тепла в плоскости резца. При моделировании предполагалось, что ведется обработка стали X18H10T сменной твердосплавной пластинкой из твердого сплава ВК8, имеющей форму прямоугольника размером $p \times d$ (рис. 1), в условиях прямоугольного резания. Переменным параметром при моделировании являлся тепловой поток в рабочей части режущей кромки, который зависит от степени ее износа.