

УДК 666. 763

М.И. Кузьменков, профессор;
С.В. Плышевский, доцент;
О.А. Капитанова, мл. науч. сотр.;
В.Б. Кирица, вед. инж. ГИАП

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕМЕНТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

The production technology of two dental cements - zincphosphate "Migrophas" and polyalkenate "Akvadent" has been developed. The received cements "Migrophas" (technical conditions of Republic of Belarus 02071837.002-99) and "Akvadent" (technical conditions of Republic of Belarus 02071837.006-96) have been passed clinical, sanitary-hygienic, technical tests succesfully and meet the requirements of the international standart (ISO 9917). Their industrial production has been succesfully developed of nitrogen industry since 1999.

В настоящее время потребность в Республике Беларусь в стоматологических материалах, в т.ч. зубных цементах удовлетворяется за счет импорта из стран дальнего зарубежья и России.

Ориентировочная потребность РБ в стоматологических цементах, по нормам Минздрава, составляет около 1т в год. Цена их в зависимости от типа и класса составляет в среднем один доллар США за 1 грамм. С учетом экономического положения страны и необходимости оплаты за импортируемые зубные цементы валютой возникла потребность в создании соответствующего производства стоматологических цементах. Инициатором разработки технологии стоматологических цементах в Республике Беларусь выступила кафедра химической технологии вяжущих материалов БГТУ. Финансирование НИР осуществлялось за счет средств, выделенных концерном "Белнефтехим" и Гродненским научно-исследовательским и проектным институтом азотной промышленности и продуктов органического синтеза (ГИАП), а также государственной научно-технической программы "Стоматология".

Наиболее массовыми из выпускаемых в настоящее время стоматологических цементах являются цинкфосфатные (ЦФЦ) и стеклоиномерные (СИЦ) цементы.

1. Общие сведения

ЦФЦ нашли широкое применение благодаря простоте приготовления, технологичности, биосовместимости с дентином зуба, низкой цене. Они используются в стоматологической и стоматолого-хирургической ортопедии в качестве изолирующей подкладки при пломбировании зубов другими пломбировочными материалами, для пломбирования корневых каналов и установки временных пломб с удлиненным сроком службы, для постоянного пломбирования при закрытии зубов коронками, для фиксации несъемных конструкций - мостовидных протезов, коронок, штифтовых зубов и т.д.

Длительные клинические наблюдения показывают, что их клиническая эффективность не уступает более новым композиционным материалам, особенно при заполнении кариозных полостей III и II классов. Это свидетельствует о том, что цинкфосфатные цементы по-прежнему являются востребуемыми в стоматологии.

К цинкфосфатным цементам относятся такие известные зубные цементы, как "Висфат", "Фосфат", "Унифас", "Фосфат для фиксации", "Диоксифосфат", "Фосфатцемент", "Висцин", "Фосцин", "Фосцин-бактерицидный" выпускаемые в России, "Adezink" (Англия), "Adgezor" (Чехия), "Harvard" (Германия) [1,2].

СИЦ являются в настоящее время одними из универсальных стоматологических материалов. Предназначены для использования в качестве агентов для фиксации, для пломбирования кариозных полостей I-III и V классов (без подкладок), для изолирующих покрытий, пломбирования фиссур с кариесом, а также молочных зубов.

Такие цементы получили признание как первый пломбировочный материал, обладающий истинной химической адгезией как к эмали, так и к дентину зуба. Важным достоинством их является способность длительного локального выделения фтора, что обеспечивает высокий кариесостатический эффект. Стеклоиономерными цементами являются "Витакрил" (Россия), "Ague Jonofil" (Германия), "Aguacem" (США).

Как ЦФЦ, так и СИЦ относятся к классу двухкомпонентных цементах типа "порошок-жидкость".

Для ЦФЦ жидкостью затвердения является водный раствор фосфорной кислоты, частично нейтрализованной ZnO и Al(OH)₃, для СИЦ - вода или растворы органических кислот (полиакриловой, лимонной, малоновой, поливинилфосфоновой, малеиновой, итаконовой и др.)

Примерный оксидный состав порошка ЦФЦ (% мас.): ZnO 75-90, MgO 5-13, SiO₂ 0,05-5,00, Bi₂O₃ 0,05-2,50 [1]. В состав порошка могут

входить такие элементы как F, Mo, Ag, Ca, Cu и др., улучшающие технические показатели цементов и придающие им дополнительные лечебные свойства.

Поскольку стеклоиономерные цементы являются композиционными материалами, то порошковая часть их имеет более сложный состав. Основу порошка составляет алюмосиликатный стекловидный ингредиент, модифицированный различными элементами Na, F, Mo, Ca, Mg, P, Zn и др. Для придания цементу более универсальных качеств в порошок вводятся различные добавки, повышающие технические, технологические и клинические показатели свойств (матафосфат бария, костная мука, стекловолокно, силаны, серебро, фотоинициаторы, лекарственные вещества и др.).

В зависимости от состава порошков для двух типов вышеназванных цементов подбирается состав жидкости затворения.

Процесс твердения ЦФЦ основан на взаимодействии свободной фосфорной кислоты и растворов дигидрофосфатов цинка и алюминия, входящих в состав жидкости затворения, с порошком, содержащим в преобладающем количестве ZnO, предварительно пассивированным термообработкой при 1000-1300°C в смеси с другими вышеуказанными оксидами. В ходе экзотермической реакции образуются труднорастворимые фосфаты металлов, выделяющиеся из жидкой фазы и цементирующие в монолит частицы непрореагировавшего порошка, который берется в избытке по сравнению с теоретически необходимым количеством для реакции. Образовавшаяся кристаллическая фаза в затвердевшем цементе представлена в основном соединениями $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$, $ZnHPO_4 \cdot 3H_2O$ и $MgHPO_4 \cdot 3H_2O$ [2, 4]. Содержание фосфатной матрицы в цементном камне варьируется в зависимости от соотношения порошка и жидкости затворения.

Характер протекания реакции между порошком и жидкостью затворения является определяющим в характеристике конечных свойств получаемого цементного теста.

Твердение СИЦ происходит в результате реакции между порошком кальцийалюмофторсиликатного стекла и водным раствором полиакриловой кислоты (ПАК) или между смесью порошка стекла и сухой ПАК с водой или водным раствором винной кислоты, являющейся регулятором свойств цементного теста. В результате кислотно-основного взаимодействия ионов кальция и алюминия, содержащихся в стекле, с ионами водорода полимера (ПАК) образуется совмещенная органоинеральная матрица, что приводит к схватыванию и затвердеванию системы. Ионы кальция реагируют с полимерной кислотой бы-

стро (в течение 0,5-2 ч с момента затворения), и именно их наличие обуславливает поведение и свойства системы в момент схватывания. Ионы алюминия менее энергично взаимодействуют с ПАК. Эта реакция заканчивается через 10-25ч, и от полноты ее протекания зависит прочность затвердевшего цемента. В ходе реакции из частиц стекла выщелачиваются фтор-ионы, которые оказывают буферное действие, т.е. способствуют медленному росту водородного показателя pH до нейтрального значения. Благодаря этому цементное тесто сохраняет подвижность в течение времени, необходимого для использования в практической стоматологии. Кроме того, при выщелачивании стекла выделяется гель ортокремниевой кислоты, образующий нерастворимую кремнийкислородную матрицу. Последняя при взаимодействии с матрицей, состоящей из полиакрилатов кальция и алюминия, образует сложную композиционную систему, называемую “иономером” [5].

Свойства ЦФЦ и СИЦ регламентируются требованиями международного стандарта ISO 9917 и могут изменяться в широких пределах в зависимости от области применения, т.е. при использовании в качестве подкладки, пломбы, материала для фиксации коронок и мостов, для заполнения корневых каналов и т.д.

Обзор литературных и патентных источников по указанным цементам показал, что они не содержат конкретных сведений о параметрах технологических процессов, условиях их проведения, особенностях производства, так как составы и технологии зубных цементов являются предметом конкуренции различных фирм.

Целью настоящей работы явилась разработка составов и технологических процессов получения фосфатного и стеклянного полиалкенилатного цемента типа “порошок-вода”, а также внедрение их в производство.

2. Синтез и исследование цинкфосфатного цемента “Мигрофас”

Для получения ЦФС, получившего название “Мигрофас”, использовали компоненты:

- для порошковой части - оксид цинка марки “ ч “, ГОСТ 10262-73; диоксид кремния марки “ ч “, ГОСТ 9428-73; оксид магния марки “ ч ”, ГОСТ 4526-75, а также магний углекислый основной марки “ ч “, ТУ 6-09-3676-77; оксид висмута (III) марки “ ч “, ГОСТ 10216-75;

- для жидкой части - ортофосфатную кислоту (85 % H_3PO_4) марки “ ч “, ГОСТ 6552-80, оксид цинка, указанный выше; гидроксид алюминия марки “ ч “, ГОСТ 11841-76.

Свойства образцов цемента из порошков и жидкостей, приготовленных в различных условиях, изучали по методикам ISO [6], а также приведенным в ТУ на “Висфат” [7].

Влияние различных технологических факторов на свойства порошка и жидкости устанавливали в основном по таким характеристикам цемента, как сроки схватывания, время твердения, предел прочности при сжатии. Изучали влияние температуры и длительности обжига смеси компонентов при приготовлении порошка, условий их охлаждения, плотности жидкой части, степени нейтрализации фосфорной кислоты, характеризуемой отношением $(Al_2O_3 + ZnO) / P_2O_5$, массового отношения Al_2O_3 / ZnO в жидкости. Жидкую часть цемента готовили следующим образом. Вначале приготавливали суспензии $Al(OH)_3$ и ZnO . Одновременно на водяной бане нагревали до $80\text{ }^\circ\text{C}$ разбавленную фосфорную кислоту. Затем растворяли поочередно гидроксид алюминия и оксид цинка, вводя их суспензии небольшими порциями. Окончание процесса контролировали по осветлению жидкости. Жидкость после этого фильтровали и охлаждали. Плотность ее находилась в пределах $1,65\text{-}1,75\text{ г/см}^3$.

Для получения порошка исходные компоненты после дозирования перемешивали и гранулировали. Полученные гранулы подвергали сушке, а затем обжигали при температуре $1000\text{-}1300\text{ }^\circ\text{C}$ с выдержкой при конечной температуре в течение различного времени. После охлаждения полученный клинкер измельчали и просеивали через сито 0045. Свойства ЦФЦ определяли на цементном тесте стандартной испытательной консистенции.

Было установлено, что свойства цемента зависят от большого числа как технологических, так и клинических факторов. Так, на время твердения оказывают влияние состав шихты, размер гранул, температура обжига и его продолжительность, условия охлаждения клинкера, дисперсность порошка, плотность жидкости, соотношение Al_2O_3 / ZnO в жидкости, степень нейтрализации фосфорной кислоты, отношение порошка и жидкости при приготовлении цементного теста, температура и скорость замешивания, последовательность введения компонентов.

Наиболее ответственными стадиями при получении порошка является обжиг, а при получении жидкости - нейтрализация фосфорной кислоты соединениями алюминия и цинка.

Изучение влияния условий обжига гранулированной шихты на сроки твердения и прочность образцов цемента показало, что повышение температуры термообработки в указанных пределах при одинако-

вом времени выдержки снижает активность порошка, увеличивает время твердения и предел прочности образцов при сжатии. Увеличение продолжительности обжига при одинаковой температуре обжига также снижает реакционную способность порошка, однако в меньшей степени. Предел прочности при сжатии образцов при этом также увеличивается.

Варьирование скоростью охлаждения клинкера показало, что медленное охлаждение при прочих одинаковых условиях обжига приводит к увеличению времени твердения и возрастанию прочности образцов цемента.

Результаты исследований влияния плотности, степени нейтрализации и отношения Al_2O_3 / ZnO в жидкости затворения позволили установить, что с увеличением плотности при прочих равных условиях замедляется твердение цемента, увеличивается время начала схватывания и чистое время твердения, предел прочности при сжатии. Аналогичное изменение этих свойств наблюдается при увеличении степени нейтрализации фосфорной кислоты при сохранении плотности жидкости. Более сложной является зависимость указанных свойств от отношения Al_2O_3 / ZnO в жидкости. Кривая этой зависимости на графике имеет минимум при отношении Al_2O_3 / ZnO , равном 0,5-0,6.

Установлено также влияние природы компонентов шихты на процесс обжига. В частности, замена оксидов цинка и магния на цинк углекислый и магний углекислый основной приводит к снижению температуры обжига шихты при сохранении характеристик цемента.

Изучены физико-химические процессы, происходящие при обжиге шихты, результаты которых согласуются с литературными данными [4]. Часть оксида цинка растворяется в оксиде магния, образуя твердый раствор замещения. Граница растворимости оксида магния лежит в пределах 30-40 % ZnO в твердом растворе. Определенное количество цинка вступает во взаимодействие с кремнеземом, в результате чего образуется ортосиликат $Zn_2 SiO_4$, соответствующий природному минералу виллемиту. Основная же масса оксида цинка остается в свободном состоянии, причем частицы высокодисперсного оксида цинка, как указывают и авторы [8], в процессе обжига укрупняются и уплотняются, что способствует снижению активности его при взаимодействии с жидкостью затворения.

Сравнительные показатели свойств стоматологического цемента "Мигрофас" и его зарубежных аналогов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительные физико-механические характеристики цинкфосфатных цемента

Наименование показателей	Марки цемента					
	“Мигрофас”	Требования ISO 9917	“Висфат”	“Adenzink”	“Adgesor”	“Harvard”
Предел прочности при сжатии, МПа	95-125	не менее 70	120	135	152	142
Чистое время твердения, мин	4-12	2,5-8	4-8	7,5	6	6
Плотность жидкости, кг/м ³	1650-1750	-	1700-1740	-	-	-
Толщина пленки, мкм	25-50	25(для фиксации)	40	-	-	-
Дезинтеграция, %	0,080-0,100	0,100	0,084	0,160	0,082	0,095
Истираемость, г/см ²	0,005-0,008	-	0,005	-	-	-
Адгезия к дентину, МПа	1,20-1,40	-	0,7	-	-	-
Коэффициент линейного термического расширения, град ¹	(5,0-5,5)·10 ⁻⁶	-	5,5·10 ⁻⁶	-	-	-
Линейные усадочные деформации, %	0,5	-	0,5	-	-	-
Сопротивление удару, число ударов	2-3	-	3	2	1	3

Как видно из табл. 1, стоматологический цемент “Мигрофас”, полученный по разработанной технологии, по свойствам не уступает зарубежным аналогам и находится на уровне международного стандарта.

3. Синтез и исследование стоматологического цемента “Аквадент”

Разработка состава и технологического процесса получения стеклянного полиалкенадного цемента, названного “Аквадент”, включала:

- синтез связующего - полиакриловой кислоты с различной молекулярной массой;
- получение порошковой составляющей.

В свою очередь, получение порошковой части включало в себя две стадии: синтез стекол в системе $\text{CaF}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ с высоким содержанием фтора и подбор биоактивных добавок.

В качестве исходных реактивов и материалов для синтеза ингредиентов порошка и разработки состава стоматологического цемента “Аквадент” использовали: нитрат кальция четырехводный, ГОСТ 4142-77; гидрофосфат аммония, ГОСТ 3772-74; аммиак водный, ГОСТ 3760-64; оксид кремния, ГОСТ 9428-73; гидроксид алюминия, ГОСТ 11841-76; ортофосфат алюминия трехводный, ТУ 6-09-4343-77; фторид алюминия, ТУ 6-09-1122-84; фторид кальция, ГОСТ 7167-77; акриловую кислоту, ТУ 6-09-4131-83 ($\text{CH}_2 - \text{CHCOOH}$); изопропиловый спирт, ТУ 6-09-402-87 [$(\text{CH}_3)_2 \text{CHOH}$]; надсернистый аммоний, ГОСТ 20478-75; винную кислоту, ГОСТ 5817-77 [$(\text{HOOC} - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}(\text{OH}) - \text{COOH}$] ; биоситалл, ТУ РБ 02071837-001-95; дигидрофосфат кальция, ГОСТ 10091-75; гексафторалюминат натрия, ТУ 6-09-1461-85.

Для определения оптимальных условий синтеза полиакриловой кислоты заданного молекулярного состава варьировали температурой, концентрацией мономера, количеством инициатора полимеризации, скоростью ввода реагентов и соотношением реагентов.

Исследование вяжущей активности полученных полиакриловых связок оценивали по прочностным показателям образцов цемента, содержащего в качестве наполнителя порошок стекла.

Было установлено, что наибольшей прочностью обладают образцы цементов, для приготовления которых использовали 40 %-ный раствор ПАК с молекулярной массой не более 10 тыс. единиц при соотношении $\text{т} : \text{ж} = 3$. Использование более концентрированных и высокомолекулярных растворов ПАК в качестве жидкости затворения стеклоиномерных цементов нетехнологично ввиду трудности получения пластичного цементного теста с требуемыми сроками схватывания. Вязкость растворов полиакриловой кислоты при хранении в течение четырех месяцев увеличивается в 4 раза. Это влечет за собой необходимость осуществления корректировки при затворении стекло-

иономерных цементов, что усложняет их использование в терапевтической стоматологии. Поэтому в дальнейшем был разработан процесс обезвоживания ПАК путем вакуумной сушки ее раствора. Сухой продукт (100 % ПАК) затем измельчали в порошок с размером частиц менее 45 мкм. В этом случае, т.е. при использовании порошковидной ПАК в смеси с другими компонентами, затворение СИЦ осуществляется дистиллированной водой.

Алюмофторсиликатное стекло получали из шихты заданного химического и вещественного состава. Варку проводили как в газопламенной, так и в электрической печи при температуре 1050-1350 °С. Время выдерживания при заданной температуре составляло 0,5-3 часа. Варьировали вещественным составом шихты для установления границ областей составов стекол, пригодных для получения цементов, отвечающих требованиям ISO 9917. Расплавы стекол подвергали быстрому охлаждению в воде. Гранулы стекла измельчали до полного прохождения через сито 0045. Для проверки реакционной способности стекол готовили образцы диаметром 4 мм и высотой 6 мм из массы состава (% мас): порошок стекла - 79, сухая ПАК - 19, винная кислота - 2. По методикам ISO 9917 определяли предел прочности при сжатии и рабочее время твердения.

Синтез стекол проводили в системе $x\text{CaF}_2 \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2 \cdot (6\text{Na}_3\text{AlF}_6 \cdot 12\text{AlPO}_4 \cdot 7\text{AlF}_3)$.

Оптимизация состава стекла осуществлялась путем варьирования следующими параметрами: составом стекла, для чего концентрация компонентов системы изменялась в пределах $x = 35 \div 65$; $y = 15 \div 45$; $z = 20 \div 50\%$ мас., при условии, что $x + y + z = 100\%$ мас; температурой и продолжительностью варки, а также видом соли для введения соответствующих компонентов стеклообразующей системы.

Выбор оптимальной области составов стекол осуществляли по гомогенности полученных расплавов и стекол, их микротвердости, а также содержанию оставшегося в стекле фтор-иона [5].

Наиболее технологичными являются стекла, полученные из шихты следующего состава (% мас.): (38-47) $\text{CaF}_2 \cdot (22-28) \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (27-39) \text{SiO}_2 \cdot (6\text{Na}_3\text{AlF}_6 \cdot 12\text{AlPO}_4 \cdot 7\text{AlF}_3)$. Цементы, изготовленные на их основе, имеют высокую механическую прочность, образуют удобные в работе, пластичные и хорошо моделируемые массы.

Для создания биосовместимости пломбы с твердой тканью зуба были опробованы различные вещества. Наилучшие результаты обеспечили те, которые по химическому составу близки к гидроксиллапа-

титу, являющемуся основой твердой ткани зуба. В качестве таковых компонентов был использован пористый биоситалл, стеклообразный полифосфат кальция, получаемый плавлением дигидрофосфата кальция при температуре 1000 °С в течение 2 часов, а также термообработанный гидроксилпатит, синтезированный специально для этих целей. Количество указанных добавок варьировалось в пределах 1-5%.

Оптимизация состава стоматологического цемента “Аквадент” осуществлялась с учетом составов вышеуказанных компонентов, а также их “технологичности”, под которой понимается способность легко моделироваться (формироваться), времени твердения и других качественных показателей [9, 10]. Свойства оптимального состава “Аквадент” приведены в табл. 2.

Таблица 2

Свойства стеклоиономерных стоматологических цемента

Свойства	Ед. измерения	Марки цемента		
		«Аквадент», РБ	«Aqua Iono-fil», Германия	«Витакрил», Россия
1. Чистое время твердения	мин	5,5	4-6	2-4
2. Предел прочности при сжатии	МПа	140	120	90-100
3. Сопротивление излому	МПа	18	-	16
4. Растворимость	%	0,01	0,01	0,01

Как видно из таблицы 2, свойства “Аквадента” находятся на уровне стоматологических цемента ведущих зарубежных фирм.

4. Разработка технологии стоматологических цемента “Мигрофас” и “Аквадент”

Стоматологический цемент “Мигрофас” успешно прошел клинические испытания на кафедрах ортопедической стоматологии Минского государственного медицинского института, терапевтической стоматологии Белорусского государственного института усовершен-

ствования врачей и в Центре эстетической стоматологии фирмы “Полисервис” (г. Минск).

На цемент “Мигрофас” разработана и утверждена в Минздраве РБ техническая документация: ТУ РБ 02071837.002-99, рецептура, инструкция по применению, регистрационное удостоверение ИМН № ИМ - 7.

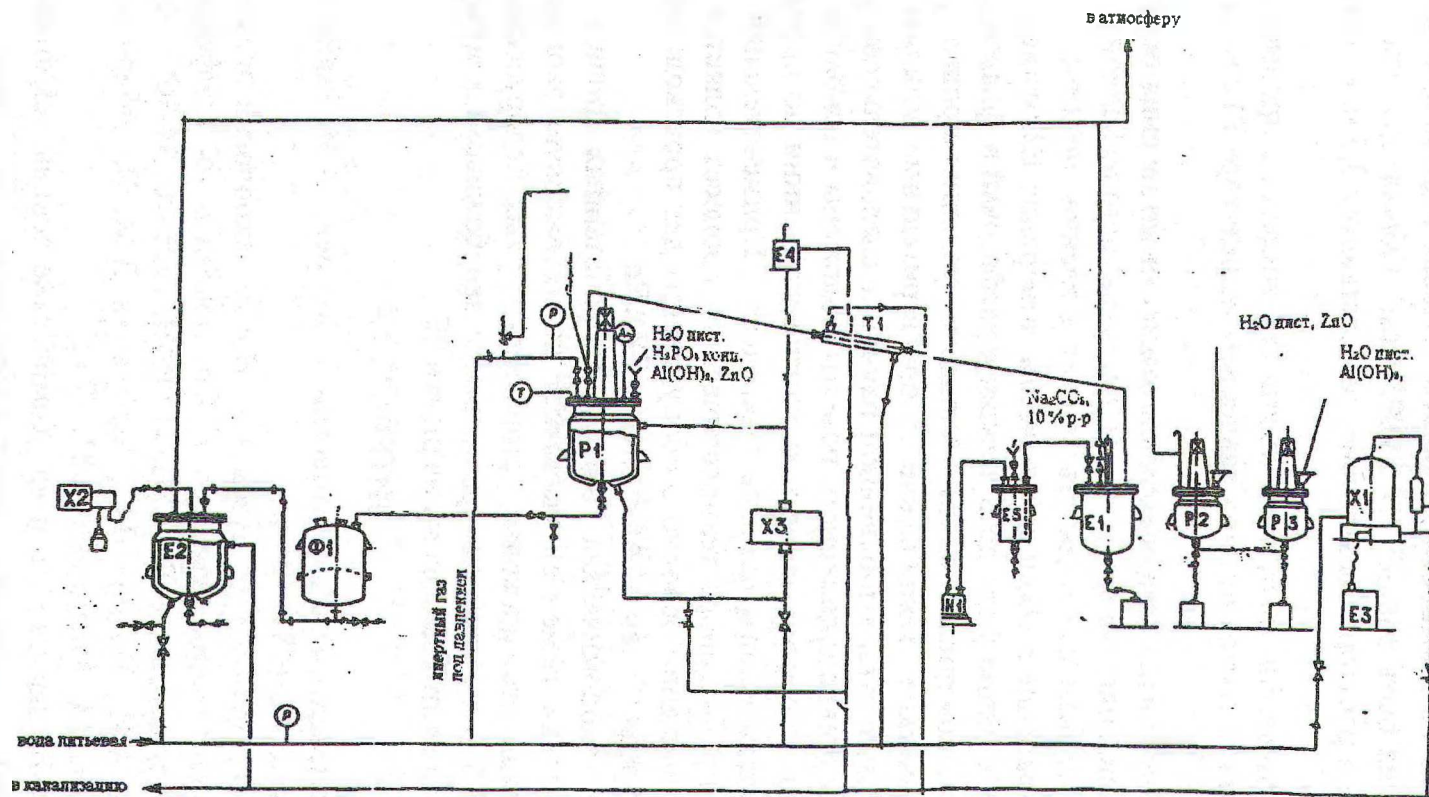
По разработанным исходным данным проектный отдел ГИАП выполнил рабочее проектирование технологической линии по производству цемента “Мигрофас”, которая в конце 1999 года принята в эксплуатацию.

Производство цемента включает отделение приготовления порошка и жидкости. Процесс получения порошка состоит из стадий: дозирования исходных компонентов и их смешения; гранулирования полученной смеси; обжига при температуре 1200-1250 °С в течение 3-4 часов, помола клинкера; просеивания и его расфасовки.

Жидкость получают следующим образом. Отвешенные порции ZnO и $Al(OH)_3$ загружаются в реакторы Р2 и Р3. Туда же из полиэтиленовой емкости Е3 подается отмеренное количество дистиллированной воды, получаемой в аквадистилляторе Х1. Перемешивание осуществляется в течение не менее 30 минут, после чего полученные суспензии заливают в полиэтиленовые емкости. Одновременно с этим включается обогрев реактора Р1 путем подачи в водяную рубашку горячей воды из электроводоподогревателя отопительного Х3. В реактор Р1 заливается расчетное количество дистиллированной воды, затем концентрированная фосфорная кислота для достижения рабочей концентрации 65-70 % H_3PO_4 , после чего включается мешалка реактора.

По достижении температуры 85 °С в реактор Р1 подается порциями свежеприготовленная суспензия гидроксида алюминия. Каждая последующая порция добавляется после полного растворения предыдущей. Затем производится порционная загрузка в реактор суспензии оксида цинка. Указанная операция осуществляется по аналогии с предыдущей.

Нагрев фосфорной кислоты и растворения в ней $Al(OH)_3$ и ZnO сопровождается парообразованием. Образующиеся пары отсасываются в теплообменник Т1 для их конденсации, из которого конденсат поступает в сборник Е1. Конденсат представляет собой в основном дистиллированную воду и используется повторно для технологических целей.



405

Рис. Технологическая схема получения стоматологического цемента "Мигрофас" (жидкой части)

Завершение процесса получения жидкой части зубного цемента контролируется по плотности жидкости, которая в охлажденном состоянии должна быть равной $1,7 \pm 0,05$ г/см³. Общая продолжительность нагрева и растворения компонентов составляет 3,5 ч, выпаривания - 3-4 часа.

По достижении требуемой плотности жидкости производится ее слив в горячем состоянии под давлением из реактора Р1 на фильтр Ф1.

Разгрузка и фильтрация горячей жидкости затворения осуществляется под давлением инертного газа, поступающего из баллона.

Отфильтрованная жидкость за счет давления подается на охлаждение и хранение в сборник жидкости затворения Е2, из которого она поступает в машину для дозирования и расфасовки в флаконы.

Стеклоиономерный цемент "Аквадент" успешно прошел санитарно-гигиенические, технические и предварительные клинические испытания. Результаты выполненной научно-исследовательской работы по синтезу стеклоиономерного цемента положены в основу исходных данных на проектирование технологической линии по производству стоматологического цемента "Аквадент". Примечательной особенностью разработанного технологического процесса является возможность унификации основного оборудования для производства как цемента "Мигрофас", так и "Аквадент" в ГИАПе.

Технико-экономическая оценка разработанных производств стоматологических цемента указывает на их высокую экономическую эффективность, поскольку стоимость первых белорусских цемента в 1,5-3 раза ниже по сравнению с зарубежными аналогами, имеющимися в настоящее время на рынке РБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материаловедение в стоматологии // Под ред. А.И. Рыбакова. - М.: Медицина, 1984.-424 с.
2. Чуев В.П., Чечина Г.Н. Бузов А.А. Новые технологии получения стоматологических цемента // Сб. докладов на конференции врачей- стоматологов Рос. АН.-М.: РАН, 1995.- С. 34-36.
3. Рыбаков А.И., Иванов В.С., Каральник Д.М. Пломбировочные материалы.-М.: Медицина, 1981.-176 с.
4. Гольинко-Вольфсон С.Л. и др. Химические основы технологии и применения фосфатных связок и покрытий. - Л.: Химия, 1968.- 192 с.

5. Богданова Н.П., Кузьменков М.И., Белов И.А., Бацевичус О.Г. Исследование стеклянного полиалкенадного цемента для стоматологии // Материалы. Технологии. Инструменты.- 1998, №3.- С.45-47.
6. International Standard Dental waterbased cements, ISO 9917. First edition 1991.- С.12-15.
7. Цемент "Висфат", ТУ 64-2-159-77.
8. Журавлев В.Ф., Вольфсон С.Л., Шевелева Б.И. Процессы, протекающие при обжиге цинкфосфатного зубного цемента //ЖПХ, 1950, т.23, №2.- С.118-126.
9. Патент ВУ 2601, МКИ⁶ А61 к 6/083. Пломбировочный материал. 1998 г.
10. Патент ВУ 2602, МКИ⁶ А61 к 6/083. Пломбировочный материал. 1998 г.

УДК 666*942

М. И. Кузьменков, профессор;
 А. А. Мечай, мл. н. сотр.;
 А. А. Сакович, ассистент;
 Т. С. Куницкая, доцент

МАЛОЭНЕРГОЕМКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ И БЕТОНОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Possible chemical activation of low- and high-base portland cement clinkers by introducing a sulphate mineral additive is suggested. It is shown that this does not make the construction and technical properties of the activated cements in any way inferior to those of commercial portland cement.

Современные экономические условия диктуют необходимость внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий в производство строительных материалов, в частности вяжущих веществ. Производство цемента является одним из наиболее энергоемких в данной отрасли (около 70% в структуре себестоимости занимают энергозатраты).

В мировой практике проблема снижения энергоемкости цементного производства решается по следующим направлениям:

а) Использование сухого способа производства, обеспечивающего по сравнению с мокрым способом более низкие (в 1.6 – 1.8 раза) затраты тепловой энергии. Однако реализация данного направления в