

*М.Ф. Росин.* – М.: Машиностроение, 1981. – 312 с. **3.** *Бесекерский В.А.* Теория систем автоматического регулирования / *В.А. Бесекерский, Е.П. Попов.* – М.: Наука, 1975. – 767 с. **4.** *Младецкий И.К.* Динамические характеристики объектов технологии обогащения полезных ископаемых / *И.К. Младецкий, П.И. Пилов, В.А. Святошенко* // Горн. Информ.-аналит. бюллетень. – 2003. – № 8. – С. 178 – 179.

*Поступила в редколлегию 21.08.13*

УДК 622

**Определение характеристик точности технологических процессов / А.А. ЛЫСЕНКО //** Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – № 57 (1030). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 56 – 65. – Бібліогр.: 4 назв.

У залежності від точності процесу та необхідних точностей контролю вихідної руди та концентрату визначається точність контролю у заданій точці технологічної лінії збагачення.

**Ключові слова:** точність вимірювання, технологічний процес, планування вимірювань, модель об'єкту, представлення результатів.

Depending on the accuracy of the process and the required precision control of the original ore and concentrate control accuracy is determined by a given point in the production line enrichment.

**Key words:** accuracy, process, planning, measurement, object model, representation of the results.

УДК 661.842: 678.5

**А.Н. РАССОХА**, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»,

**С.П. КРИВИЛЕВА**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»

## **ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРИ СТРУКТУРИРОВАНИИ ГИБРИДНЫХ ПОЛИМЕРКЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ФОСФАТОВ КАЛЬЦИЯ**

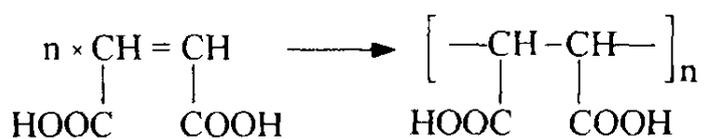
В статье проведен анализ областей использования и механизмов структурирования существующих композиционных материалов медико-технического назначения, проанализированы их недостатки. Разработан перспективный гибридный полимеркерамический материал на основе фосфата кальция, изучен механизм его структурирования.

**Ключевые слова:** гибридный композит, полимеркерамический материал, структурирование, фосфат кальция, сополимер.

© А.Н. Рассоха, С.П. Кривилева, 2013

В реконструктивно-восстановительной хирургии костно-суставной системы, стоматологии и хирургии часто возникают проблемы, как фиксации костных обломков, так и заполнения больших полостей в крупных костях скелета (образующихся, например, после удаления опухолей). Используемые в качестве костных цементов и предназначенные для внутрикостной фиксации эндопротезов материалы на основе полиметилметакрилата (ПММА) и его сополимеров представляют собой в исходном состоянии двухупаковочные системы «порошок-жидкость» [1 – 2]. При их смешении в результате действия иницилирующей системы происходит полимеризация метилметакрилата с формированием трехмерной структуры материала, прочно фиксирующего эндопротез во внутрикостном канале. Однако вследствие экзотермической реакции радикальной полимеризации метилметакрилата температура в зоне контакта «композиционный материал – костная ткань» повышается до 70 – 110 °С, что приводит к термическому повреждению костной ткани в зоне контакта и развитию некроза. Кроме того, в ряде случаев возникает цитотоксическое действие – как непосредственное проявление химической травмы, вызываемой преимущественно непрореагировавшим, резидуальным мономером.

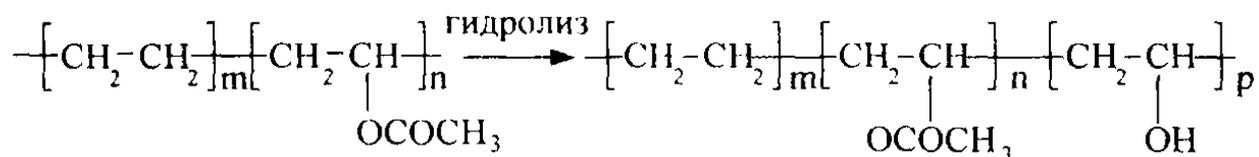
Применяется также костные цементы на основе сополимера этилметакрилата и бутилметакрилата, а также на основе полимеров и сополимеров акриловой кислоты (эфиров), содержащих пролонгировано высвобождаемые составляющие диагностического (соли бария, циркония) или терапевтического назначения. Перспективным связующим костных цементов является также полималеиновая кислота, в исходном состоянии находящаяся в виде мономера. Реакция структурирования композита в этом случае идет с образованием олигомерного продукта линейного строения термопластичности:



Однако эксплуатационные характеристики имеющихся материалов не позволяют использовать их в стоматологии и хирургии скелета для фиксации костных обломков и заполнения полостей. Это обуславливает необходимость разработки гибридных полимеркерамических материалов нового поколения [3]. В качестве полимерного связующего гибридных полимеркерамических материалов для пластики дефектов костно-суставной системы был

выбран сополимер этилена с винилацетатом (СЭВА) в виде стабилизированной водной дисперсии. Адгезивы на основе СЭВА обладают повышенной адгезией к металлам эндопротезов, устойчивы к действию физических и химических агрессивных сред и могут быть структурированы за счет плавного протекающих реакций с участием ацетатных групп. Стабилизация водной дисперсии СЭВА осуществляется с помощью коллоида – поливинилового спирта.

Было установлено, что в процессе длительной экспозиции такого гибридного материала в физиологическом растворе или биологической среде организма теплокровных животных возможен частичный гидролиз СЭВА с образованием тройного сополимера этилена, винилацетата и винилового спирта:



(где  $m > n > p$ ), обладающего большей прочностью и жесткостью за счет введения в состав макромолекул меньших по объему гидроксильных групп. Стойкость к действию водных систем у тройного сополимера по сравнению с сополимером этилена с винилацетатом практически не изменяется.

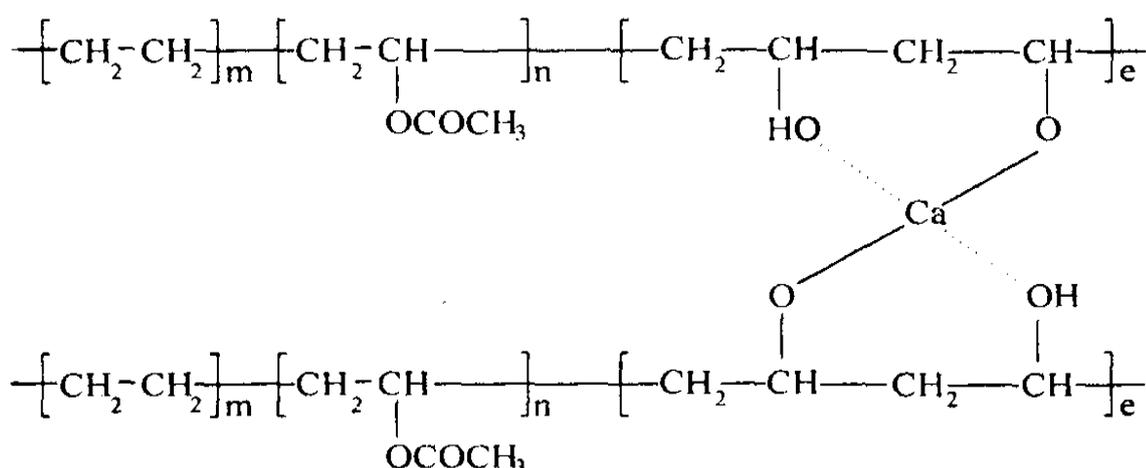
На следующем этапе производилось обоснование выбора керамического наполнителя на основе изучения влияния его минералогического и фракционного состава, структуры и режима термообработки, а также соотношения исходных компонентов на комплекс физико-механических, технологических и эксплуатационных характеристик композита. Наиболее перспективным является использование трехкальциевого фосфата, зерна которого состоят во внутренней части из негидратируемой  $\beta$ -модификации  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , а во внешней части – из гидратируемой  $\alpha$ -модификации этого же соединения. Применение такого наполнителя позволяет формировать (при его введении в водный раствор полимерного материала) прочный каркас трехмерной структуры, обладающий высокой механической прочностью за счет образования гидроксилapatита нестехиометрической  $\text{Ca}_9\Box(\text{PO}_4)_5 \cdot (\text{HPO}_4)\text{OH}\Box$  или стехиометрической структуры; образование гидроксилapatита происходит, очевидно, в результате протекания реакций:





Синтез кальцийфосфатных материалов биомедицинского назначения осуществляли твердофазовым спеканием при температурах 1000 – 1300 °С (сухой способ) с последующей обработкой по керамической технологии (обжиг суспензий, отпрессованных аморфных или кристаллических порошков горячим прессованием). Это позволило получить пористые (спеченные) материалы с регулируемой микроструктурой (управляемым размером кристаллов и их ориентированным положением) и макроструктурой (пористостью).

Установлено, что введение наполнителя на основе фосфата кальция способствует частичному сшиванию спиртовых фрагментов тройного сополимера с образованием межмолекулярного хелатного соединения, в результате чего жесткость композита и его стойкость к действию водных, в том числе биологических сред значительно увеличивается:



Процессы, происходящие при формировании композитов предлагаемых составов, имеют физико-химический характер и их теплотворная способность незначительна по сравнению с экзотермическими химическими процессами, поэтому температура в зоне контакта «композиционный материал – костная ткань» не превышает 20 – 22 °С.

Таким образом, в ходе формирования и эксплуатации полимерного композита со связующим на основе сополимера этилена с винилацетатом и тонкодисперсным неорганическим наполнителем на основе фосфата кальция одновременно с различной скоростью протекают несколько процессов, приводящих к стабилизации прочностных свойств материала, а именно: частичная гидратация кальцийфосфатного наполнителя, частичный гидролиз СЭВА с образованием тройного сополимера этилена, винилацетата и винилового

спирта, а также межмолекулярное структурирование за счет образования хелатных комплексов. Скорость протекания и степень завершенности каждого из этих процессов зависит от соотношения ингредиентов в композиционном материале, структуры наполнителя и свойств связующего, температурного и других факторов. Однако полная стабилизация прочностных и эксплуатационных свойств, как правило, наступает только через 15 – 20 суток.

Сочетание двух уровней оценки проведения разрабатываемых гибридных полимеркерамических материалов позволило оценить влияние определяющих факторов (природы ингредиентов, их соотношение и т.д.) на физико-механические характеристики этих материалов в биологической среде организма теплокровного животного и человека при внутрикостном применении.

Исследованы фазовые составы, микроструктуры, физико-механические и медико-биологические свойства синтезированных материалов и гибридных органо-неорганических композитов на их основе.

Полученным материалам присущ уникальный комплекс свойств (обеспечивающий срастание кости с новообразованной костной тканью за счет регулируемого фазового состава и регулирования структуры на наноразмерном уровне, а также структурная стойкость в биологических средах, в том числе под нагрузкой).

**Список литературы:** 1. *Bajpai Praphulla*. Development of tricalcium phosphate ceramic cement / *Bajpai Praphulla, Fuchs Cathy M., Mc. Cullum Dale M.* // Quant. Charact. and Perform. Porous Implants Hard Tissue Appl.: Sump., Nashville, Term., 18-19 Nov., 1985. – Philadelphia (Pa), 1987. – P. 377 – 388. 2. *Currey John D.* Biological ceramics / *John D. Currey* // World Biotech. Rept. – 1986. – Vol. 1. – P. 159 – 164 3. Пат. 95073571 Україна, МПК<sup>7</sup> C08L 33/02. Композиційний матеріал / *Кривильова С.П., Рассоха О.М., Жуков В.І.*, заявник і патентовласник ТОВ «МЕНАТЕП-РЦП», заявл. 31.07.95; опубл. 01.04.97, Бюл. № 23.

*Поступила в редколлегию 15.08.13*

УДК 661.842: 678.5

**Процессы, происходящие при структурировании гибридных полимер-керамических композитов на основе фосфатов кальция / А.Н. РАССОХА, С.П. КРИВИЛЕВА** // Вісник НТУ «ХПИ». – 2013. – № 57 (1030).– (Серія: Хімія, хімічна технологія і екологія). – С. 66 – 70. – Бібліогр.: 3 назв.

У статті проведено аналіз областей використання і механізмів структуривання існуючих композиційних матеріалів медико-технічного призначення, проаналізовані їх недоліки. Розробле-

но перспективний гібридний полімер-керамічний матеріал на основі фосфату кальцію, вивчено механізм його структурування

**Ключові слова:** гібридний композит, полімер-керамічний матеріал, структурування, фосфат кальцію, сополімер.

In the article all areas of the use and mechanisms of structurization of composition materials for medical-technical use and its defects were analyzed. A perspective hybrid polymer-ceramic material on the basis of calcium phosphate was elaborated, the mechanism its structurization was learned.

**Keywords:** hybrid composite, polymer-ceramic material, structurization, calcium phosphate, copolymer.

УДК 621.762

*Д.А. СТРАТИЙЧУК*, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудн., ИСМ НАНУ, Киев,

*В.З. ТУРКЕВИЧ*, д-р хим. наук, проф., ИСМ НАНУ, Киев,

*Т.В. КОЛАБЫЛИНА*, асп., ИСМ НАНУ, Киев,

*А.С. ОСИПОВ*, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудн., ИСМ НАНУ, Киев,

*Т.И. СМЕРНОВА*, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудн., ИСМ НАНУ, Киев

## ПОЛУЧЕНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ КОМПОЗИТОВ В СИСТЕМЕ $C_{алм.} - Ti - Si$

Представленная работа посвящена изучению фазового взаимодействия в тройной системе  $C_{алм.} - Ti - Si$  с целью определения оптимальных условий формирования высокопрочных алмазо-содержащих композитов. Используя высокие статические давления (7,7 ГПа), было показано, что начиная с 1500 °С связующий компонент –  $Ti_3SiC_2$  – распадается с образованием мелкозернистого  $TiC$  и фазы высокого давления  $\beta-SiC$ . Полученный композит на основе  $C_{алм.}$  характеризуется высокими физико-механическими характеристиками и может быть использован при камнеобработке.

**Ключевые слова:** высокие давления, сверхтвёрдая керамика, алмаз, двойные карбиды.

В 80-годах прошлого столетия широкое распространение получили термостойкие композиты, получаемые путём пропитки или спекания синтетических алмазных микропорошков с кремнием [1].

Данные композиты были получены путём жидкофазного спекания в условиях высоких давлений (5,0 – 8,0 ГПа) и температур 1700 – 2100 К [2]. Среди материалов с похожими физико-механическими свойствами, но полученными путём твёрдофазного спекания, следует выделить материалы систем  $C_{алм.} - Ti_3SiC_2$  и  $C_{алм.} - Cr_2AlC$  (20 масс. %) [3, 4].

© Д.А. Стратийчук, В.З. Туркевич, Т.В. Колабылина, А.С. Осипов, Т.И. Смирнова, 2013