

УДК 646.31:666.3

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТРИПОЛИФОСФАТА НАТРИЯ
В КАЧЕСТВЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ
КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНОЙ КЕРАМИКИ

А. Д. ПОДСОСОННАЯ

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

Введение. Перспективным направлением в области инженерии костной ткани является разработка синтетических биосовместимых материалов, которые обладали бы высокой пористостью, были достаточно прочными, биосовместимыми и способствовали остеокондукции. Для получения таких материалов широко используются фосфаты кальция, такие как гидроксиапатит (ГАП) и ортофосфат кальция. Ввиду того, что керамика на основе гидроксиапатита обладает низкими прочностными характеристиками, большинство исследований направлено на изучение возможных способов улучшения физико-химических свойств кальций-фосфатной керамики, в том числе за счет использования различного рода добавок.

Основная часть. В настоящем исследовании для получения кальций-фосфатной керамики использовался гидроксиапатит, синтезированный методом осаждения из раствора [1], и триполифосфат натрия (ТПФ) (ГОСТ 13493). Количество модифицирующей добавки ТПФ составило 2,5...10 мас. % сверх 100 % гидроксиапатита. Керамические массы влажностью 45 % и рН = 7 готовились путем совместного мокрого помола гидроксиапатита и триполифосфата натрия в лабораторной шаровой мельнице BML-2 (DAIHAN) в течение 60 мин. Сформованные методом 3D-печати изделия подвергались сушке в сушильном шкафу SNOI 58/350 (Литва) и обжигу в электрической лабораторной печи SNOI 1,6,2,5.1/13,5-Y1 (Литва) при температурах 900 °С...1200 °С. Скорость обжига составляла 120 °С/ч.

Далее проводилось определение физико-химических свойств полученных образцов. Изучались следующие показатели: открытая пористость (ГОСТ 2409), кажущаяся плотность (ГОСТ 9758) и механическая прочность при сжатии (Galdabini Quasar 100, ГОСТ Р 53065.1) (табл. 1).

Анализ данных показывает, что по сравнению с материалами, содержащими чистый гидроксиапатит, при использовании триполифосфата натрия удалось получить образцы, пористость которых выше на 10 %, при этом механическая прочность при сжатии изменяется незначительно. Увеличение кажущейся плотности и механической прочности при одновременном снижении значений открытой пористости при повышении температуры обжига обусловлено интенсификацией процессов спекания керамических материалов.

С помощью рентгенофазового анализа D8 ADVANCE Bruker (Германия) установлено, что в полученных материалах идентифицируются гидроксиапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ и $\text{NaCa}(\text{PO}_3)_3$.

Далее изучалась биоактивность полученных материалов. Для этого образцы массой 1,6 г помещались в пластиковые контейнеры, содержащие по 100 см³

SBF-раствора [2], и выдерживались 1...21 сут при 37 °С в термостате ТС-1/20. Через заданные промежутки времени определялась концентрация ионов кальция в SBF-растворе комплексонометрическим методом с использованием мурексида, трилона Б и NaOH (рис. 1).

Табл. 1. Усредненные значения физико-химических свойств образцов

Показатель физико-химических свойств		Температура обжига, °С			
		900	1000	1100	1200
Открытая пористость, %	Без добавки	43,7	24,1	1,2	0,4
	ТПФ	50,7...53,8	36,8...41,1	9,5...14,9	1,3...4,1
Кажущаяся плотность, кг/м ³	Без добавки	1732,0	2333,0	2891,0	3013,0
	ТПФ	1398,0...1476,0	1845,0...2023,0	2747,0...2797,0	2907,0...3033
Механическая прочность при сжатии, МПа	Без добавки	5,2	10,4	21,4	36,7
	ТПФ	2,6...7,8	6,1...10,6	5,1...35,4	16,1...36,1

Источник: собственная разработка.

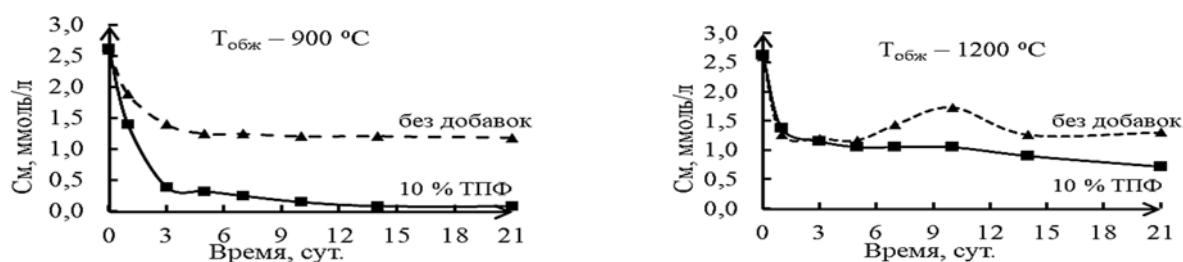


Рис. 1. Изменение концентрации ионов Ca²⁺ в SBF-растворе при помещении в него кальций-фосфатной керамики, обожженной при 900 °С и 1200 °С

Источник: собственная разработка.

Поскольку снижение концентрации ионов Ca²⁺ в SBF-растворе происходит пропорционально росту гидроксиапатита на поверхности материала, следовательно, образцы, содержащие триполифосфат натрия, обладали более высокой биологической активностью, чем образцы без добавки.

Заключение. При использовании триполифосфата натрия в качестве добавки удалось получить материал, превосходящий по пористости и биоактивности керамику на основе чистого гидроксиапатита. Таким образом, полученный материал можно рекомендовать для проведения дальнейших исследований с целью применения в костной хирургии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка составов масс на основе фосфатов кальция для 3D-печати керамических изделий / А. Н. Шиманская [и др.] // Тр. БГТУ. Сер. 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2021. – № 2 (247). – С. 187–199.
2. Tadashi, K. How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity? / K. Tadashi // Biomaterials. – 2006. – Vol. 27. – P. 2907–2915.