

УДК 661.11

СТЕКЛООБРАЗНЫЙ ПОЛИФОСФАТ НАТРИЯ: СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Вершинина В.А.¹, аспирант 3 курса

Науч. рук. Карапетян Кирилл Гарегинович, д.т.н., доцент, зав. каф. ХТПЭ.

¹Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
г. Санкт-Петербург

Аннотация

Стеклообразный полифосфат натрия (или же соль Грэма) — неорганическое соединение, натриевая соль метафосфорной кислоты. Представляет собой важный компонент для различных отраслей промышленности и имеет потенциал для дальнейших исследований и разработок. Данная добавка имеет широкое применение в пищевой, текстильной, химической промышленности, в кожевенном деле, в медицине, для фильтрации растворов и пульпы в нефтедобыче, в минерально-сырьевой промышленности в качестве диспергаторов и реологических модификаторов, для смягчения воды, уменьшения накипи, защиты от коррозии, продления срока службы котлов и трубопроводов в различных системах водоснабжения и охлаждения, в том числе в железнодорожных и промышленных силовых установках. В данной работе был предложен один из способов получения данной добавки, а также были рассмотрены различные области его применения.

Abstract

Polyphosphates, which include sodium hexametaphosphate or Graham's salt, is an inorganic compound, the sodium salt of metaphosphoric acid. It represents an important component for various industries and has potential for further research and development. This additive has wide application in food, textile, chemical industry, tannery, medicine, for filtration of solutions and slurry in oil production, in mineral industry as dispersants and rheological modifiers, for water softening, scale reduction, corrosion protection, extending the service life of boilers and pipelines in various water supply and cooling systems, including railroad and industrial power plants. In this paper, one of the methods of obtaining this additive was proposed and its various applications were discussed.

Ключевые слова

Полифосфат натрия, гексаметафосфат натрия, химическая промышленность, минерально-сырьевая промышленность, плавление, охлаждение.

Keywords

Sodium polyphosphate, sodium hexametaphosphate, chemical industry, mineral industry, melting, cooling.

Новым направлением в области неорганического синтеза стало развитие технологий получения ряда новых функциональных материалов на основе стеклообразных фосфатов в системе P_2O_5 - X_2O - YO - SiO_2 , где (X -K,Na;Y-Ca,Mg). Было установлено, что полифосфатные стеклообразные материалы, содержащие свыше 50 масс.% P_2O_5 , имеют низкую химическую устойчивость и хорошо растворяются в водных, слабокислых растворах, что позволяет их применять в качестве удобрений, мелиорантов, кормовых и пищевых добавок. Синтезировать их можно на основе традиционных для неорганических удобрений сырьевых материалов (апатитовый концентрат, ортофосфорная кислота, поташ, магнезит, отходы МОФ, легирующие добавки), технология их получения базируется на свойствах стеклообразных фосфатов. Синтез данных материалов производят в плавильных печах при $T = 800-1200^{\circ}C$.

Полифосфаты, к которым относится гексаметафоскат натрия или соль Грэма, имеют общую формулу $M_{n+2}P_nO_{3n+1}$ или $M_nH_2P_nO_{3n+1}$, где n может быть равно от 1 и до 10^6 [1]. Особенностью полифосфатов является их структура, в которой анионы образуют линейные цепи из (PO_4) тетраэдров, соединенных через общие атомы кислорода. В качестве иллюстрации можно привести пример стекловидного фосфата - гексаметафосфата натрия, чья структура представлена на рисунке 1. Данное соединение имеет химическую формулу $Na_6P_6O_{18}$ или $(NaPO_3)_6$, что отражает его цепочечное строение. [2].

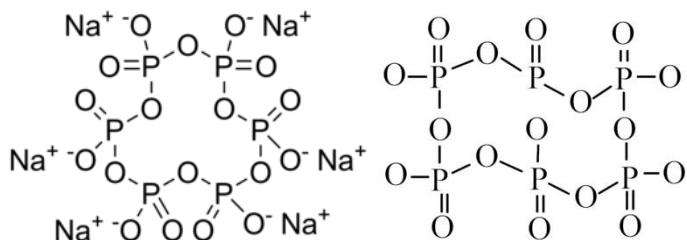


Рисунок 1 – Варианты структур гексаметафосфата натрия

На сегодняшний день стеклообразный полифосфат занимает лидирующие позиции среди химических соединений по масштабам применения. Его исключительные характеристики делают его незаменимым в различных сферах: от производства продуктов питания и текстильной промышленности до химической индустрии и медицинского сектора. Данное соединение активно используется в обработке кож, медицинских препаратах, а также играет важную роль в нефтедобыче, где применяется для очистки растворов и пульпы. Кроме того, его широко применяют для улучшения качества и функциональных свойств продукции в других промышленных областях.

Промышленно производимый полифосфат натрия представляет собой комплексный продукт, состоящий из различных полимерных форм с разной степенью полимеризации. Важным фактором является то, что основные физико-химические характеристики стекловидных полифосфатов натрия и их водных растворов, включая вязкость, комплексообразующую способность, теплопроводность и вяжущие свойства, напрямую зависят от молекулярной массы составляющих их полифосфатов. Это наглядно демонстрирует пример

магнезитовых огнеупоров, где максимальная механическая прочность достигается при использовании полифосфатной связки со средней степенью полимеризации 20-25 [3].

В связи с этим возникла задача синтеза полифосфатов натрия с заданными параметрами полимеризации. В ходе исследования были изучены ключевые факторы, влияющие на молекулярную массу стекловидных полифосфатов натрия: температурный режим обработки, длительность выдержки расплава и соотношение компонентов $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} / \text{P}_2\text{O}_5$ в реакционной смеси.

Также для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- Изучить существующие технологии выработки расплавов ГМФН.
- Отработать технологии выработки материала из печи с одновременным гранулированием.
- Провести лабораторные опыты для уточнения условий получения ГМФН:
- Сравнить варианты подачи ортофосфатов натрия на стадию плавления и обосновать данный выбор;
- Подобрать основные параметры стадий плавления (температура и время выдержки) и охлаждения (скорость охлаждения, конечная температура);
- Исследовать микроструктурное состояние ГМФН, подобрать технические режимы и огнеупорные материалы.

В результате проведения экспериментальных исследований были получены прозрачные, бесцветные, растворимые в воде образцы. Далее полученные образцы проверялись на соответствие ГОСТ 31686-20212 «Добавки пищевые. Натрия полифосфат Е452 (i). Технические условия» и ГОСТ 20291-80 «Натрия полифосфат технический. Технические условия». Показатели, которые определяются в рамках контроля качества готового продукта:

- массовая доля общей пятиокиси фосфора (P_2O_5);
- массовая доля Na_2O ;
- массовая доля мышьяка (As);
- массовая доля свинца (Pb);
- массовая доля кадмия (Cd);
- массовая доля ртути (Hg);
- потери при прокаливании;
- массовая доля нерастворимых в воде веществ;
- массовая доля неактивных фосфатов;
- массовая доля кремния (SiO_2);
- средняя длина цепи;
- остаток на сите 0,45 мм.

Методика разработана на основе следующих документов и общепризнанных методик:

- ГОСТ 31686-20212 «Добавки пищевые. Натрия полифосфат Е452 (i). Технические условия»;
- ГОСТ 20291-80 «Натрия полифосфат технический. Технические условия»;

- ГОСТ 10485-2016 «Методы определения примеси мышьяка» (ISO6553-1:1982, NEQ);
- Метод дифференциальной сканирующей калориметрии;
- Метод рентгенофлуоресцентного анализа;
- Метод ЯМР – спектроскопии.

Таким образом, результаты проведенного исследования позволили определить оптимальные параметры синтеза стекловидных полифосфатов натрия с заданными значениями молекулярной массы, а также разработать технологические рекомендации для их масштабного промышленного производства.

Список литературы

1. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, оксидов и кислот) / М.Е. Позин, Л.З. Арсеньева, Ю.Я. Каганович, Г.С. Клебанов, В.А. Клевке, Б.А. Копылев, А.А. Соколовский. - ч. I, изд. 4-е, испр., Л., Изд-во «Химия», 1974. - 768 с.
2. Акшалов Б.С. Гексаметафосфат натрия: физико-химические свойства, применение и технология получения / Б. С. Акшалов, Н. Б. Чалабаева, Р. Р. Якубова, Г. А. Камбарова // Научные труды ЮКГУ им. М. Ауэзова. – 2016. – № 4(39). – С. 1-3.
3. Пирогов, Ю. А. Влияние средней степени полимеризации стекловидного фосфата натрия на прочностные свойства магнезитовых масс. /Ю.А. Пирогов, Л. А. Бабкина, М. И. Кузьменков, В. В. Печковский, Г. Х. Черчес, // Огнеупоры -1973 - №5 (55).

References

1. Pozin M.E. Technology of mineral salts (fertilizers, pesticides, industrial salts, oxides and acids) / M.E. Pozin, L.Z. Arsenieva, Y.Y. Kaganovich, G.S. Kleba-nov, V.A. Klevke, B.A. Kopylev, A.A. Sokolovsky. - Part I, ed. 4th, revised, L., Izd-vost “Khi-Miya”, 1974. - 768 c.
2. Akshalov B.S. Sodium hexametaphosphate: physicochemical properties, application and technology of production / B.S. Akshalov, N.B. Chalabaeva, R.R. Yakubova, G.A. Kambarova // Scientific Proceedings of the South Kazakhstan State University named after M. Auezov. - 2016. - № 4(39). - C. 1-3.
3. Pirogov, Y. A. Influence of the average degree of polymerization of vitreous sodium phosphate on the strength properties of magnesite masses. / Yu.A. Pirogov, L.A. Babkina, M.I. Kuzmenkov, V.V. Pechkovsky, G.H. Cherches, // Ogneupory -1973 - № 5 (55).