

**РАЗРАБОТКА ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ
НАНОКОМПОЗИТНЫХ $\text{SiO}_2\text{:CuO:NiO}$ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ВАКУУМНОГО
НАПЫЛЕНИЯ**

М. Ф. С. Х. Аль-Камали

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого,
г. Гомель, Беларусь

**SOL-GEL TECHNOLOGY DEVELOPMENT FOR THE PRODUCTION OF COMPLEX
NANOCOMPOSITE $\text{SiO}_2\text{:CuO:NiO}$ FOR REGULAR VACUUM DEPLOYMENT**

M. F. S. H. AL-Kamali

Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Belarus

Аннотация. Было проведено исследование воздействия технологических режимов синтеза порошков $\text{SiO}_2\text{:CuO:NiO}$ на структуру и валентное состояние ионов Ni и Cu. Установлено, что размеры частиц $\text{SiO}_2\text{:CuO:NiO}$ находятся в диапазоне от 20 до 77 нм. Показано, что при формировании мишеней (с использованием метода прессования) из полученных порошков сохраняется состав $\text{SiO}_2\text{:CuO:NiO}$. Результаты EDX-анализа полученных матриц, после обработки в атмосфере водорода, показали, что распределение ионов Ni^0 и Cu^0 в матрице SiO_2 имеет интегрально однородный характер, а концентрация Ni^0 и Cu^0 соответствует расчетным значениям.

Ключевые слова: $\text{SiO}_2\text{:CuO:NiO}$, золь-гель метод, структура, EDX-анализ, СЭМ.

Annotation. A study was carried out of the effect of technological regimes for the synthesis of $\text{SiO}_2\text{:CuO:NiO}$ powders on the structure and valence state of Ni and Cu ions. It was found that the particle sizes of $\text{SiO}_2\text{:CuO:NiO}$ range from 20 to 77 nm. It was demonstrated that when targets are formed (using the pressing method) from the resulting powders, the $\text{SiO}_2\text{:CuO:NiO}$ composition is maintained. The results of the EDX analysis showed that the distribution of Ni^0 and Cu^0 ions in the SiO_2 matrix is integrally homogeneous, and the concentration of Ni^0 and Cu^0 corresponds to the calculated values.

Keywords: $\text{SiO}_2\text{:CuO:NiO}$, sol-gel method, structure, EDX analysis, SEM.

Высокая однородность гранулометрического и химического состава композиционного материала является необходимым условием для получения равномерных покрытий при вакуумном напылении. По результатам исследований [1] было показано, что качественные и стехиометрические покрытия можно получить путем "отравления" материала мишени тонким слоем диэлектрика при низких скоростях осаждения. Химически чистые компоненты и аэросил в качестве матрицы-носителя легирующих веществ способствует равномерному распределению легирующих добавок на поверхности глобул аэросила, образуя тонкий слой нанометровой толщины. Существуют различные методы синтеза и формирования наночастиц, такие как осаждение, синтез в сверхкритических флюидах, физическое воздействие на реакционную среду, пламенное напыление, криохимический синтез, электрохимический метод, матричный (темплатный) синтез и биологические методы. Эти методы играют важную роль в процессах порошкообразования в жидких средах и самоорганизации наночастиц для формирования материалов.

Высокая однородность гранулометрического и химического состава композиционного материала является важным условием для получения равномерных покрытий при вакуумном напылении. Чтобы достичь молекулярно-равномерного распределения легирующих добавок, необходимо сорбировать их на поверхности ультрадисперсных глобул порошка, формируя тонкий слой нанометровой толщины. Это возможно при использовании химически чистых компонентов, не ниже марки "ОСЧ". Метод золь-гель был использован для синтеза порошков $\text{SiO}_2\text{:CuO:NiO}$, где гептагидрат сульфата никеля(II) $\text{Ni}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ХЧ; ГОСТ 4465-74), аэросил марки А-380 и пентагидрат сульфата меди(II) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (ХЧ; ГОСТ 4165-78) ис-

пользовались в качестве компонентов. Процесс формирования наночастиц методом золь-гель представлен на рисунке 1.

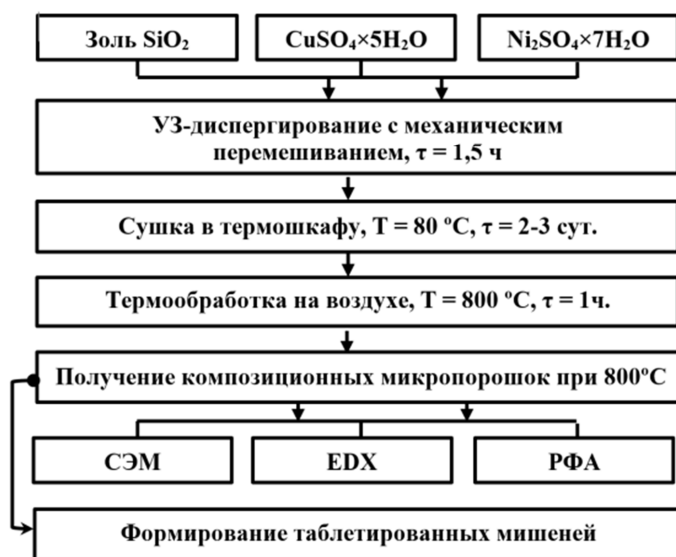


Рисунок 1 – Схема технологических этапов получения ксерогельных SiO₂-матриц, легированных Cu^o, Ni^o

Ксерогели обладают глобулярной структурой и однородной морфологией. Крупные глобулярные агрегаты ксерогелей состоят из первичных частиц аэросила меньших размеров. Гептагидратная форма сульфата никеля(II) и пентагидратная форма сульфата меди(II) эффективно заполняют пространства внутри ксерогеля. Формирование матриц SiO₂:CuO:NiO путем термообработки с сформированных гелей приводит к рельефной структуре ксерогеля, указывающей на химическую инертность фаз SiO₂, CuO и NiO.

Микропорошок смешивали с раствором ПВХ для создания шихты с влажностью около 10 %. Затем проводилось одноосное прессование для создания таблетированных мишеней. После прессования заготовки высушались при комнатной температуре в течение суток, а затем подвергались термической обработке при 800 °C в воздушной атмосфере и атмосфере водорода. Анализ состава элементов проводился методом EDX (EDS) с использованием энергодисперсионного микроанализатора.

Результаты EDX-анализа порошка SiO₂:CuO:NiO показали однородную концентрацию ионов никеля и меди в матрице, соответствующую введенной концентрации.

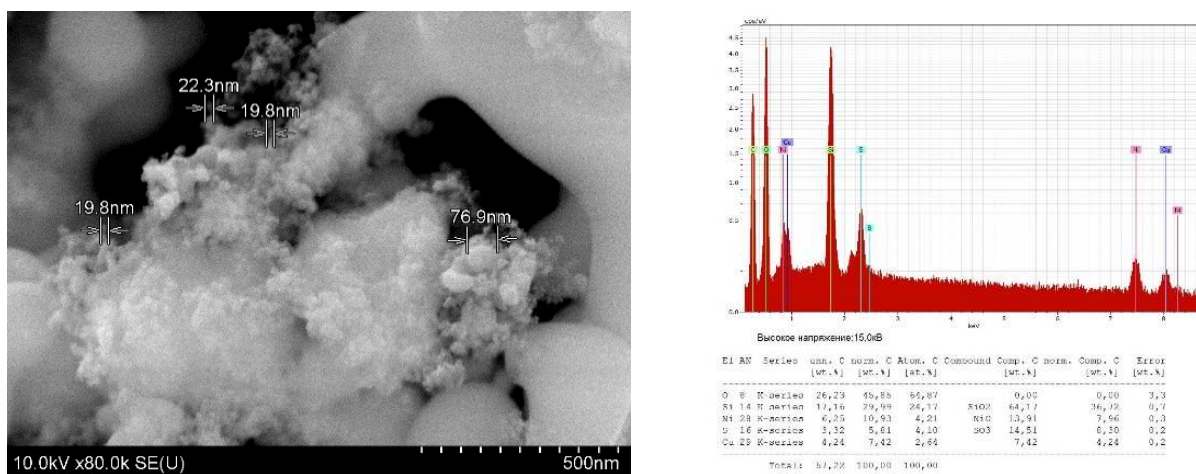


Рисунок 2 – Edx и СЭМ-изображения поверхности ксерогеля, сформированного на основе водной дисперсии аэросила А-380, сульфата никеля(II) и сульфата меди(II). Ксерогель был отожжен на воздухе при T=800 °C в течение 1 ч. Фазовый состав ксерогеля – SiO₂:CuO:NiO

Список цитируемых источников

1. Формирование композиционных покрытий ионно-лучевым распылением мишеней на основе микропорошков пирогенного кремнезёма, содержащих соединения меди / М. Ф. С. Х. Аль-Камали [и др.] // Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 14–23.

УДК 62-523.3:681.527.3

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПОДПРУЖИНЕННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА

А.А. Ананчиков, Д.В. Семашко

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

SYSTEMS FOR REGULATING THE POSITION OF SPRING-LOADED WORKING ENGINES OF THE SEEDING UNIT

A.A. Ananchikov, D.V. Semashko

Joint Institute of Mechanical Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Аннотация. Теоретически обоснована структура системы регулирования положения рабочих органов посевного агрегата. Разработанная система состоит из контроллера, датчиков расстояния и усилия, электроуправляемого регулятора и навесного устройства.

Ключевые слова: посевной агрегат, система управления, подпружиненные рабочие органы, обратная связь, контроллер, электрогидравлический регулятор.

Annotation. The structure of the system for regulating the position of the working parts of the sowing unit is theoretically justified. The developed system consists of a controller, distance and force sensors, an electrically controlled controller and a hinged device.

Keywords: sowing unit, control system, spring-loaded working parts, feedback, controller, electro-hydraulic regulator.

Как показывает практика, использование сеялок с точным высевом напрямую влияет на урожайность, которую с помощью такого оборудования можно повысить примерно на 15 % и выше [1]. Поэтому актуальной задачей является улучшение точности посева при высоких скоростях работы посевного агрегата.

Известен автоматизированный высотный способ регулирования положения рабочих органов [2], в котором в качестве датчика положения рамы выступает подпружиненное копирующее колесо. В процессе движения колесо датчика, копируя неровности поверхности поля, подает управляющий сигнал золотнику распределителя и далее гидроцилиндру на изменение глубины. Недостатком указанного способа является сложность и металлоемкость конструкции, а также невысокая точность копирования рельефа поля из-за контактного способа измерения высоты вследствие забивания копирующих колес остатками растительности, их зарывания в почву или отрыва от нее.

Кроме того, известна автоматическая система высотного регулирования рабочих органов сельхозмашин, функционирование которой основано на бесконтактном копировании рельефа поверхности поля с использованием акустических методов [3]. Недостатком указанной системы является отсутствие средств для поддержания заданной глубины посева при увеличении рабочей скорости посевного агрегата, что приводит в случае превышения усилия тягового сопротивления над суммарным усилием предварительного поджатия прижимных пружин сошников к их выглублению и снижению точности посева.