

УДК 536.24

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ ДИФФУЗИОННОГО ЗАПОЛНЕНИЯ ВОЛЬФРАМОВЫХ МАТРИЦ

Болкунов Г.А. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Новотельнова А.В.
(ИТМО)

Актуальность. Вольфрам и материалы на его основе востребованы в энергетике и электронной технике благодаря высокой температуре плавления и термической стабильности. Традиционные методы порошковой металлургии ограничивают возможность формирования изделий сложной формы. Большое внимание уделяется газофазному синтезу на основе химического осаждения из газовой фазы, как методу аддитивного формирования изделий [1,2], однако процесс сопровождается сложным взаимодействием теплопереноса, массопереноса и кинетики химической реакции, что затрудняет экспериментальный контроль и требует предварительного численного моделирования [3,4].

Цель работы. Численное исследование температурных условий диффузионно-контролируемого синтеза вольфрама из газовой фазы в пористых заготовках, анализ формирования температурных полей и их влияния на равномерность пропитки.

Методы исследования. Разработана физико-математическая модель процесса, включающая уравнения теплового баланса, течения газовой смеси и конвективно-диффузионного переноса реагентов. Кинетика осаждения вольфрама описана уравнением Аррениуса. Модель учитывает изменение пористости и проницаемости среды в процессе синтеза.

Результаты. Показано, что при нагреве от стола-нагревателя в вольфрамовой заготовке формируется поле, близкое к изотермическому, благодаря высокой теплопроводности материала. Установлено, что повышение температуры нагревателя интенсифицирует поверхностную реакцию, что приводит к ускоренному формированию плотного слоя на входной поверхности. Это снижает проницаемость структуры и ограничивает перенос реагентов вглубь заготовки, переводя процесс в диффузионно-контролируемый режим. Рост температуры газовой фазы увеличивает интенсивность синтеза, но усиливает неравномерность распределения осажденного материала.

Выводы. Процесс синтеза вольфрама в пористой заготовке носит диффузионно-контролируемый характер. Равномерность пропитки определяется совокупным влиянием температурных условий и ограничений массопереноса. Управление температурным режимом нагревателя и газовой фазы является ключевым фактором для оптимизации интенсивности и однородности формирования материала.

Список использованных источников:

1. Hu Z. et al. Achieving high-performance pure tungsten by additive manufacturing: Processing, microstructural evolution and mechanical properties // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2023. – V.113.–101117.
2. Peng L. et al. Large-Size and Ultrahigh Purity Tungsten with Enhanced Physical Properties via Chemical Vapor Deposition // ACS Omega. – 2024. – V.9, №41.– P.42549–42556.
3. Pons M. et al. Chemical vapor deposition of thick tungsten coatings: mass transport modelling and experiments // Journal de Physique III France. – 1995. – V.5, №8.– P.1145–1160.
4. Creighton J.R. The surface chemistry and kinetics of tungsten chemical vapor deposition and selectivity loss // Thin Solid Films. – 1994. – V.241.– P.310–317.

Автор _____ Болкунов Г.А.

Научный руководитель _____ Новотельнова А.В.