

ОТЗЫВ

на автореферат Колосова Андрея Юрьевича «Моделирование процессов коалесценции и спекания в моно- и биметаллических наносистемах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Тверь, 2020.

Исследование процессов коалесценции и спекания подобны процессам кристаллизации и плавления. Изучение кинетики кристаллизации имеет более чем двухсотлетнюю давность, и за это время накоплен огромный количественный материал, позволивший установить ряд важных закономерностей в зарождении центров кристаллизации. Однако, несмотря на достигнутые успехи, до сих пор нет общей теории зарождения центров кристаллизации, которая могла бы удовлетворительно объяснить большое разнообразие явлений зарождения. То же относится и к коалесценции и к спеканию. Это особенно касается при переходе в наноструктурный диапазон.

С математической точки зрения краевые задачи такого типа принципиально отличны от классических задач диффузии и теплопроводности. Вследствие зависимости размера области переноса потока от времени к этому типу задач неприменимы классические методы разделения переменных и интегральных преобразований Фурье, так как, оставаясь в рамках классических методов математической физики, не удаётся согласовать решение уравнения диффузии и теплопроводности с движением границы раз дела фаз (или с размерной зависимостью границы).

Все попытки получить аналитическим путём точное решение краевой задачи обобщённого типа в области с границей, движущейся по произвольному закону, приводили к системе интегральных уравнений Вольтера II рода, разрешить которую не удавалось вследствие сложности ядер уравнения системы.

В дальнейшем в (Карташов Э.М. Термокинетика процессов хрупкого разрушения полимеров в механических, диффузионных и температурных полях. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. докт. физ.-мат. наук. Л.: ИВС АН СССР, 1982. - 54 с.) было получено точное решение первой обобщённой краевой задачи в конечной области с границей, движущейся по произвольному закону в декартовой, цилиндрической и сферической системах координат. Решение второй и третьей краевых задач в конечной области наталкивается на значительные трудности. Исследования в этой области продолжаются и в настоящее время.

Решение второй и третьей краевых задач в конечной области с границей, движущейся по произвольному закону, до последнего времени идёт по видимому следующим образом. С одной стороны, точные решения задач подобного типа удавалось получить с помощью удачных догадок, искусственных приёмов, причём для весьма ограниченного числа случаев движения границы (линейного или параболического) и для частного вида граничных условий (постоянных и I рода). С другой стороны, на этих задачах отработывались при весьма их общей постановке классические методы

решения дифференциальных уравнений математической физики (и их модификации): тепловых потенциалов; контурного интегрирования; продолжений; разложения искомой функции в ряд; «мгновенных» собственных функций Грина, а также методы, основанные на использовании интегральных, интегродифференциальных или обыкновенных дифференциальных уравнений, асимптотические и численные.

Здесь нужно особо подчеркнуть – численные методы, которым и посвящена рецензируемая работа. Здесь описана методика проведения компьютерного эксперимента по моделированию термодинамических и структурных характеристик нанокластеров металлов с использованием метода Монте-Карло.

Соискателем в рецензируемой работе получены основные выводы:

- на основе анализа коалесценции и спекания моно- и биметаллических систем установлен диапазон температур, который отвечает за стабильность наносистем; отвечает размерным эффектам теплот плавления и кристаллизации;

- предложен механизм поверхностной и межзеренной диффузии и определены коэффициенты диффузии для наночастиц золота, меди и платины;

- предлагается метод синтеза биметаллической системы Ni – Cu;


- теоретически и экспериментально показано, что процесс нанопайки подобен процессу коалесценции.

Предложенные в рецензируемой работе результаты будут весьма полезны в порошковой металлургии.

Диссертационная работа Колосова Андрея Юрьевича отвечает всем требованиям ВАК РФ, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Директор
научно-исследовательского центра
«Ионно-плазменных технологий
и современного приборостроения»,
НАО Карагандинский университет
имени Е.А. Букетова
к.ф. - м.н., доцент

— Юров В.М.

Подпись Юрова В.М.
заверяю 
МП