

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-364

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ СОСТАВА ПОКРЫТИЯ И ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ТЕПЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

¹Назаренко Н.Н., ^{1,2}Князева А.Г.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

²*Томский политехнический университет, Томск*

Современная техника работает в условиях повышенных температур и высоких механических нагрузок. При поверхностной обработке металлов и сплавов источником тепла интерес представляют процессы, связанные с изменением состава и структуры. Имеющиеся в настоящее время модели процессов поверхностной обработки ограничиваются рассмотрением какой-либо одной стороны явления: либо анализом теплофизических процессов; либо оценкой полей напряжений по результатам расчета полей температуры; либо исследованием эволюции системы дефектов совместно с внедренными ионами и т.д. Поэтому мы проанализировали связную модель, учитывающую перенос тепла и массы с химическими реакциями. В работе объектом исследования выбран цилиндрический образец, на внешнюю поверхность которого предварительно нанесено покрытие магнетронным способом. В условиях эксплуатации на внешнюю поверхность изделия действует кратковременный тепловой импульс с однородно распределенной по всей боковой поверхности плотностью мощности. В переходном слое имеются такие элементы и соединения как хром, углерод, Cr_3C_2 и FeC ; в покрытии также присутствует хром, углерод, Cr_3C_2 , FeC и незначительное количество железа. Математическая модель включает гиперболические уравнения теплопроводности и диффузии для подвижных элементов и кинетические уравнения, соответствующие дополнительному образованию соединений. В уравнениях учитываются перекрестные диффузионные потоки, явления термодиффузии и диффузионной теплопроводности. Задача имеет несколько предельных вариантов, включая линейные и нелинейные системы уравнений, модели с реакциями и без них, с учетом перекрестных явлений и без них.

Задача и все ее частные варианты решены численно в безразмерных переменных. Первый вариант – несвязная модель: отсутствуют все перекрестные потоки, нет химических реакций; коэффициенты диффузии постоянные или зависят от температуры. Показано влияние учета зависимости коэффициента диффузии от температуры и от состава. Второй вариант – учет только диффузионных перекрестных потоков. Наличие перекрестных диффузионных потоков на распределении температуры не сказывается. Концентрации хрома и углерода на внешней границе покрытия при положительных перекрестных диффузионных коэффициентах – ниже, а при отрицательных – выше, чем без них. Третий вариант учитывает все перекрестные явления: перекрестные диффузионные потоки, диффузионную теплопроводность и термодиффузию. Установлено, что увеличение коэффициента $S_{\text{оре}}$ или увеличение параметра Льюиса приводит к оттоку диффундирующих элементов из покрытия вглубь подложки. Уменьшение параметра Франк-Каменецкого способствует появлению максимума на распределении концентраций хрома и углерода, что объясняется увеличением размера теплового пограничного слоя. Четвертый вариант модели учитывает все перекрестные явления и химические реакции. Химические реакции считаются экзотермическими, что приводит к увеличению температуры. Хрома и углерод тратятся на образование соединений в покрытии и переходном слое, что приводит к дополнительному изменению в распределениях концентраций.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ Росатом № 20-21-00064.