ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/282

**ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ НИКЕЛИДА
ТИТАНА С ПОКРЫТИЕМ ИЗ КРЕМНИЯ ИЛИ ТАНТАЛА**

^{1,2}Князева А.Г., ¹Маслов А.Л., ¹Крюкова О.Н.

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

²*Томский политехнический университет, Томск*

Не секрет, что процессы обработки поверхностей металлов и сплавов потоками частиц и/или внешними источниками энергии сопровождаются не только изменением фазового и химического состава поверхностного слоя, но и формированием полей напряжений и деформаций, которые, в свою очередь, оказывают влияние на динамику фазообразования. В случае обработки потоком электронов материала с покрытием (в данном случае никелида титана с пленками тантала, кремния и др.) поля напряжений и деформаций могут иметь разную физическую природу; они могут быть связаны как с изменением состава вследствие диффузии и химических реакций, так и вследствие различия теплофизических и механических свойств материалов. Первые локализуются в окрестности границ раздела фаз, вторые распространяют влияние на весь макроскопический образец. Напряжения и деформации, связанные со структурными особенностями и наличием дефектов, также имеют место. Учесть все разнообразие причин, приводящих к напряжениям и деформациям, можно лишь на основе многоуровневых моделей, где масштабные уровни связаны друг с другом с помощью обоснованных способов осреднения. Однако на основе подхода, изложенного в [1,2], описание напряженно-деформированного состояния в условиях обработки возможно с помощью введения новых полевых переменных и учета разнообразных перекрестных явлений.

Например, образец с тонким покрытием представляет собой тонкий диск, который нагревается внешним источником с поверхности. Боковая поверхность такого двухслойного диска свободна от внешней нагрузки. Поскольку тепло-диффузионные процессы характеризуются временами, на несколько порядков большими, чем волновые механические явления, то задачи об оценке напряжений и деформаций, сопутствующих поверхностной обработке, можно рассматривать в квазистатическом приближении. Это позволяет существенно упростить решение соответствующих связанных задач.

Так, в случае покрытия из кремния, содержащего малое количество кислорода, в процессе диффузионного перераспределения элементов Ti, Si, Ni, O могут появиться соединения TiO₂, TiNiSi, NiO, SiO₂. Последние будут причиной химических напряжений. В случае покрытия из тантала с примесью кислорода к химическим напряжениям проводят TaNi₃, TaNi₂, TiO₂, Ta₂O₅, NiO. Кроме напряжений, чьи приращения линейно связаны с приращениями деформаций, температуры и концентраций, в поверхностном слое имеются напряжения, связанные со скоростями течения материала, что оказывается принципиальным с приближением к температуре плавления. Если достижение температуры плавления нежелательно, то решение задачи о механическом равновесии образца в условиях поверхностной обработки осуществляется аналитически (решение получается в квадратурах), последующее его использование позволяет указать, какие пути влияния напряжений и деформаций на изменение состава имеют место в условиях обработки. Полученные в результате преобразований нелинейные модели содержат изменившиеся «эффективные свойства» и «кажущиеся» скорости химических реакций. Дальнейшие упрощения оказываются невозможными, и задачи решаются численно.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований РАН на 2017–2020 годы, проект No. 23.2.1

1. Князева А.Г. О моделировании необратимых процессов в материалах с большим числом внутренних поверхностей // Физическая мезомеханика. 2003. Т.6. № 5. С.11–27.
2. Anna Knyazeva, Olga Kryukova, Svetlana Sorokova, Sergey Shanin Coupling Models of New Material Synthesis in Modern Technologies. – in Handbook of Mechanics of Materials. Springer. pp 1-42 https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-981-10-6855-3_39-1