Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций
19 - 23 сентября 2016 г.
Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Томск – 2016

scale. A dynamic boundary-value problem in a plane strain formulation is solved numerically with the use of a Wilkins-type FD scheme.

The mesoscopic stress-strain state of additive manufactured specimens subjected to the uniaxial tension is analyzed. The focus is on the role of the inhomogeneous material microstructure in the evolution of the stress-strain state. A combined effect of grain structure and boundary conditions is investigated.

The work was performed in the framework of international cooperation among University of Bremen and Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS. Support of the Bremen Research Scholarship Grant and Fundamental Research Program (23.1.1) of the Russian Academy of Sciences for 2013–2020 is gratefully acknowledged.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ 3D И 2D МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТРУКТУРНО НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД

Кректулева Р.А. [1], Черепанов О.И. [2], Черепанов Р.О. [3]
[1]НИ Томский политехнический университет, Томск, Россия,
[2]Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия,
[3]НИ Томский государственный университет, Томск, Россия
rakrekt@mail.ru, oi_cherepanov@mail.ru, rcherepanov82@gmail.com

Численное моделирование структурно-неоднородных сред является основным инструментом теоретического исследования процессов нагружения и деформирования конструкционных материалов. В силу большой вычислительной трудоемкости трехмерного моделирования часто исследователи вынуждены использовать упрощенные двумерные модели, и обобщать соответствующие результаты расчетов на трехмерные случаи, однако, вопрос правомерности такого переноса результатов с двухмерных постановок на трехмерные для неоднородных сред подробно не изучен. В данной работе рассматривается ряд модельных задач нагружения структурно-неоднородных сред с различными типами неоднородностей в двумерной и трехмерной упруго-статической постановке. Особенностью исследования является то, что для решения трехмерных задач используется многосеточная вариационная схема с применением вейвлет-преобразования Хаара. Данный подход планируется применить к решению динамических задач, но (как промежуточный результат) он оказался удобен для решения статических задач упруго-пластического нагружения.

В основе метода лежит вариационное уравнение Лагранжа:

$$\delta E^{n+1} = \int_V \left(\sigma_{ij}^{(n)} + \Delta\sigma_{ij}^{(n+1)} \right) \cdot \delta\varepsilon_{ij} dV + \int_S P_{ij}^{(n+1)} \cdot \delta u_i \cdot dS_j^{n+1} = 0 , \qquad (9)$$

где $\sigma_{ij}^{(n)}$, $\Delta\sigma_{ij}^{(n+1)}$ компоненты тензора напряжений и его приращения, $\varepsilon_{ij}^{(n)}$ и $\delta\varepsilon_{ij}$ компоненты тензора деформации и их вариация, $P_{ij}^{(n+1)}$ поверхностные напряжения, δu_i –вариация перемещений, dS_j^{n+1} – компоненты векторного элемента поверхности (для той части границы, на которой заданы граничные условия в напряжениях).

Вейвлет-преобразование Хаара применяется к независимым компонентам тензора деформации, что дает соответствующий трехмерный вейвлет-спектр, компоненты вектора перемещений выражаются через коэффициенты преобразования Хаара от деформаций. После преобразований, из исходного вариационного уравнения Лагранжа следует система линейных уравнений относительно неизвестных коэффициентов разложения Хаара для компонент поля перемещений. Эта СЛАУ эффективно решается итерационными методами, решение быстро сходится, при этом и высоко-частотные, и

низко-частотные составляющие пространственного распределения невязки быстро убывают с ростом количества итераций.

Такой подход позволяет в статической постановке рассматривать трехмерные расчетные сетки с количеством ячеек порядка 10^6-10^7, и таким образом, хорошо подходит для моделирования сред с довольно мелкими масштабами неоднородности. Сравнения усредненных характеристик сред, полученных в 2D и 3D постановках, а также значения предельных нагрузок до разрушения и исследование процессов локализации пластических деформаций в трехмерных и двумерных расчетах позволяют оценить границы применимости двумерных моделей и определить степень достоверности результатов для различных типов и форм неоднородностей.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №16-19-10264).

COMPUTATIONAL ANALYSIS OF MESOSCALE PLASTIC STRAIN LOCALIZATION IN TITANIUM WITH MODIFIED SURFACE LAYER

Balokhonov R.R.[1,2], Martynov S.A [1], Romanova V.A.[1], Panin A.V. [1], Kazachenok M.S. [1]
[1]Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, Russia,
[2]National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia,
[3] National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia
rusy@ispms.tsc.ru

A numerical simulation is performed to investigate the mesoscale stress-strain localization in a surface-modified commercial titanium alloy (VT1-0 according to Russian classification). The calculated crystalline microstructure corresponds to that observed in experiments and is accounted for in an explicit way as initial conditions of a dynamic boundary-value problem (Fig.1). The latter is stated in terms of plane strain developing in microstructure subjected to tension and is solved numerically by the finite-difference method. Elastic-plastic constitutive models were built to describe the experimental mechanical response both of the substrate and of the modified layer.

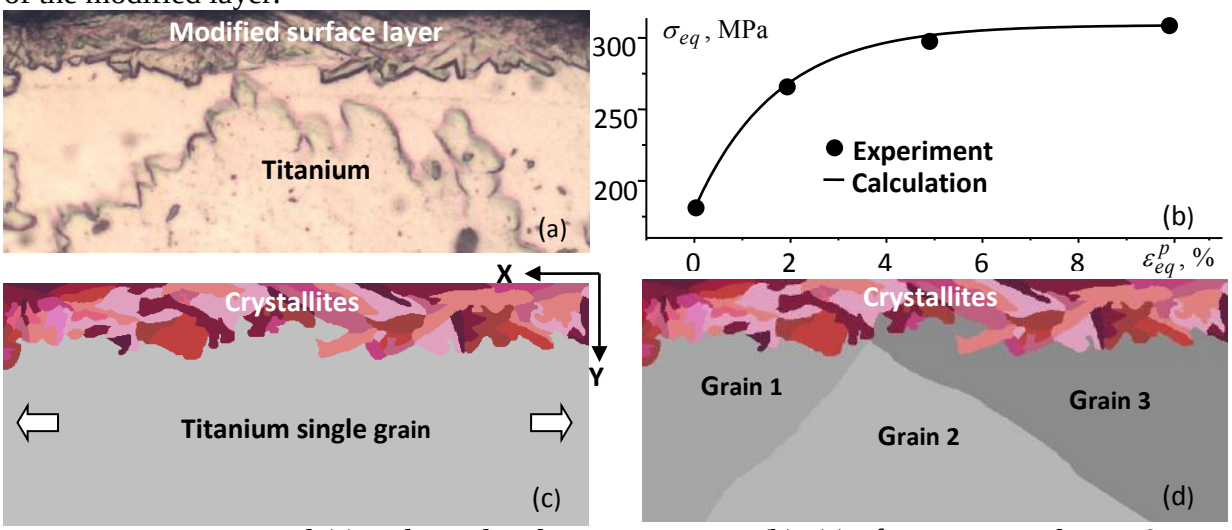

Fig. 1 Experimental (a) and simulated microstructures (b)–(c) of a commercial VT1-0 titanium substrate with a modified surface layer and a plastic potential for a titanium sample (d).

Plastic strain patterns in a microcrystalline modified surface layer lying over titanium grains of different orientations relative to the loading direction are found to be dramatically different. Plastic strain localization is most pronounced in titanium grains undergoing high