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»

ПЛАСТИЧЕСКИЕ ВРАЩЕНИЯ.

Гриняев Ю.В.

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск
Томский государственный университет, Томск*

Представляет теоретический и экспериментальный интерес изучение влияния завихренности, как динамической структуры на процесс деформирования твердых тел. Вихревое движение является одним из основных состояний движущихся сред и, как правило, рассматривается в механике жидкостей и газов. Изучение завихренности в твердых телах начинается с работ братьев Коссера [1]. Отличие модели Коссера от классических моделей теории упругости состоит в том, что упругие вращения и упругие смещения являются независимыми переменными. В дальнейшем появляются варианты теории упругости Коссера под различными названиями: ассиметричная упругость, микрополярная эластичность и т.п. [2-5]. Во всех теориях вращения рассматриваются в упругой области. Для реальных материалов эффекты, возникающие в результате упругих вращений, малы по сравнению с эффектами, возникающие в результате упругих смещений.

При пластическом деформировании возникают существенные пластические повороты, возникает фрагментированная структура, когда фрагменты развернуты друг относительно друга. Экспериментальных работ, исследующих явление фрагментации большое количество, например, [6, 7].

Отметим работу [8], в которой рассматривается механизм фрагментации. Рассмотрение ведется в приближении континуума Коссера. Работы, посвященные изучению пластических поворотов, обусловленных дефектами, отсутствуют. Следовательно, исследование пластических поворотов имеет как научное, так и практическое значение. В данной работе впервые рассматриваются пластические повороты, обусловленные дефектами.

В работе [9] была получена система уравнений, описывающая деформацию полукристаллических полимеров. При получении данной системы предполагалось, что полукристаллический полимер состоит из двух фаз: одна фаза кристаллическая, вторая - вязкой жидкости. При таком предположении полукристаллический полимер обладает свойствами твердого тела и свойствами жидкости. Следовательно, из общей системы уравнений для полукристаллического полимера можно выделить уравнения, описывающие деформацию твердого тела. Уравнения для твердого тела имеют следующий вид

$$\nabla \cdot \alpha = 0 \quad (1)$$

$$\nabla \times \alpha = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial J}{\partial t} - \frac{E}{2S(1+\nu)} \left[(\nabla \vec{u} + \vec{u} \nabla + \beta + \beta^T + \frac{2\nu}{1-2\nu} (\nabla \cdot \vec{u} + Sp\beta) \delta) \right] \quad (2)$$

$$\nabla \cdot J = -\frac{c^2 \rho}{S} \left(\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{v} \right) \quad (3)$$

$$\nabla \times J = \frac{\partial \alpha}{\partial t} \quad (4)$$

Здесь α, J - тензор плотности и тензор плотности потока дефектов трансляционного типа, β тензор упругой дисторсии от дефектов, $\vec{v}$ скорость упругих смещений, обусловленных потоками дефектов, $\vec{u}$ - вектор упругих смещений от внешних воздействий, ρ плотность, E - модуль Юнга, ν - коэффициент Пуассона, c - скорость и S - константа взаимодействия дефектов, имеющая размерность силы. В работе [9] был предложен эксперимент для определения скорости и константы взаимодействия. Введены следующие обозначения; β^T - транспонированный тензор дисторсии, $Sp\beta$ - сумма диагональных компонент тензора дисторсии, δ - единичный тензор.

Секция 4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

Тензор плотности дефектов определяется через пластические дисторсии следующим образом

$$\alpha = -\nabla \times \beta^{pl}, \quad (5)$$

а тензор плотности потока дефектов как

$$J = -\frac{\partial \beta^{pl}}{\partial t}. \quad (6)$$

Подставляя выражения (5) и (9) в систему уравнений (1-4), получим волновые уравнения относительно пластических дисторсий β^{pl} . Выделяя антисимметричную часть тензора пластической дисторсии, которая является пластическим поворотом, получим волновое уравнение относительно пластического поворота. Как и для упругих поворотов [4], получим поперечные и продольные вращательные волны пластичности.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление III.23.

1. E. Cosserat and F. Cosserat, *Th'eorie des corps d'eformables* (Librairie Scientifique A. Hermann et fils, Paris 1909). Reprinted by Cornell University Library. English translation by D. H. Delphenich (2007). Available a <http://www.mathematik.tu-darmstadt.de/fberegiche/analysis/pde/staff/neff/patrizio/Cosserat.html>.
2. C. G. Bëohmer and Yu. N. Obukhov, A gauge theoretic approach to elasticity with microrotations, *Proc. R. Soc. A.* 468 (2012), 1391–1407.
3. C. G. Bëohmer, R. Downes, and D. Vassiliev, Rotational Elasticity, *Q. J. Mech. Appl. Math.* 64 (2011), 415–439.
4. C. G. bëohmer and N. tamanini. Rotational elasticity and couplings to linear elasticity october 15, 2013.
5. J. Dyszlewicz, Micropolar theory of elasticity, *Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics*, v. 15, Springer, Berlin, 2004.
6. Wolf D., Yamakov V., Phillpot S.R., Mukherjee A. , Gleiter H.// *Acta Mater.* 53, 1 (2005).
7. Schiotz E.D., Jacobsen K.W.// *Science* 301, 1357 (2003).
8. И. Э. Келлер, П. В. Трусов. Фрагментация металлов при больших деформациях: один механизм образования пространственно-модулированных вихревых структур. *Прикладная механика и техническая физика*. 2002. Т. 43, N-° 2.
9. Yurii V. Grinyaev ,Nadezhda V. Chertova ,Evgeny V. Shilko andSergey G. Psakhie. The Continuum Approach to the Description of Semi-Crystalline Polymers Deformation Regimes: The Role of Dynamic and Translational Defects. *Polymers* **2018**, 10(10), 1155; <https://doi.org/10.3390/polym10101155>