ИСПОЛЬЗОВАНИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА В КОНЕЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЯХ

Леканов М.В., Майер А.Е.

Челябинский государственный университет, Челябинск,
lemih1989@gmail.com

В работе представляется новый подход к решению задач о высокоскоростном деформировании металлических образцов. В основе метода лежит использование результатов обучения искусственной нейронной сети в качестве аппроксимационной функции для описания тензорного уравнения состояния вещества и определения порога нуклеации пластических дефектов. Данные для тренировки нейронной сети аккумулировались из молекулярно-динамического моделирования сжатия и растяжения алюминиевого образца вдоль различных траекторий деформации.

Из решения уравнения движения определяется градиент макроскопической деформации, градиент пластической деформации определяется как скорость изменения пластической дисторсии; зная градиенты полной и пластической деформации из известного соотношения [1] можно определить градиент упругой деформации и тензор конечных деформаций Грина, который полностью описывают упругодеформированное состояние вещества. Зависимостями между входным вектором параметров $\{L_1, L_2, L_3, E\}$ (здесь L_i – диагональные компоненты тензора Грина, E – внутренняя энергия системы) и выходным вектором с набором из пяти параметров $\{P^{nl}, S_1^{nl}, S_2^{nl}, S_3^{nl}, T\}$ (P^{nl} и S_i^{nl} это нелинейные поправки к давлению и компонентам девиатора, T – температура) можно полностью описать состояние системы в результате процесса деформирования.

Пластическая деформация описывается моделью на основе кинетики дислокаций [2]. В модели учитывается изменение количества дефектов в результате их образования, движения и иммобилизации. Модель пластичности дополнена функцией на основе машинного обучения ($\{L_1, L_2, L_3, E\}$ – входной вектор параметров и $\{Q_{DN}\}$ – параметр на выходе сети) для определения момента начала генерации новых дефектов и скорости их образования в случае для бездефектного монокристалла алюминия. Так же по различным траекториям деформирования, полученным из МД моделирования, проводилась идентификация параметров модели пластичности статистическим методом Байеса.

Описанный метод позволяет решать широкий круг задач о деформационном поведении материалов. В данной работе он применяется к высокоскоростному сжатию наноразмерных цилиндрических алюминиевых оболочек и к решению задачи о столкновении алюминиевых пластин миллиметровых размеров.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-11-20153) [https://rscf.ru/project/20-11-20153/].

Литература

[1] Khan, A.S., Liu, J., Yoon, J.W., Nambori, R. Strain rate effect of high purity aluminum single crystals: experiments and simulations – International Journal of Plasticity. – 2014. – 67, 39–52.

[2] Mayer, A.E., Khishchenko, K.V., Levashov, P.R., Mayer, P.N. Modeling of plasticity and fracture of metals at shock loading – Journal of Applied Physics. – 2013. – 113, 193508.