

УДК 539.3

ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АТТЕСТАЦИИ БАЗОВЫХ ГИПОТЕЗ И МОДЕЛЕЙ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ

© 2011 г.

Р.А. Васин

НИИ механики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

Prof.vasin@mail.ru

Поступила в редакцию 15.06.2011

Обсуждаются проблемы, связанные с экспериментальной проверкой положений и гипотез основных направлений феноменологической теории пластичности, а также с аттестацией нескольких конкретных вариантов определяющих соотношений. Формулируются некоторые актуальные задачи экспериментальной пластичности.

Ключевые слова: пластичность, определяющие соотношения, эксперимент, аттестация моделей пластичности.

Экспериментальная пластичность

Эксперименты играют важнейшую роль в построении и аттестации определяющих соотношений (ОС). В экспериментальных исследованиях упругопластического поведения материалов эта роль проявляется и в выявлении характерных свойств функционалов пластичности для определенных классов процессов нагружения; и в непосредственной проверке (если она возможна) гипотез и постулатов, на базе которых формулируется то или иное направление теории пластичности; и при аттестации конкретных вариантов ОС. Некоторые из этих аспектов экспериментальной пластичности обсуждаются, главным образом, на примере теории упругопластических деформаций и теории течения.

Теория упругопластических процессов

В теории упругопластических процессов [1] базовым является понятие образа процесса нагружения, а основными постулатами – постулат изотропии и принцип запаздывания. Особенность этих постулатов состоит в том, что они (или следствия из них) допускают прямую экспериментальную проверку в отличие от большинства гипотез, принимаемых в других подходах теории пластичности. О точности выполнения постулата изотропии можно судить в первом приближении по результатам многочисленных экспериментов на простое нагружение – это точность, с которой выполняются основные положения теории малых упругопластических деформаций. Опыты по проверке постулата изотропии при сложном

нагружении по разнообразным плоским и пространственным траекториям деформаций показали, что постулат изотропии выполняется практически с той же точностью, что и при простом нагружении. Многочисленные эксперименты с двузвенными траекториями деформаций подтвердили прямое следствие принципа запаздывания: после излома траектории деформаций угол ϑ между вектором напряжений и вторым звеном траектории стремится к нулю; эти опыты использовались для определения величины следа запаздывания. На траекториях деформаций в форме окружности с центром в начале координат выполнялось условие $\vartheta = \text{const}$. Вместе с тем, когда центр окружности был смещен из начала координат или траектория деформаций имела форму винтовой линии, наблюдалось нарушение этого условия – зависимость $\vartheta(s)$ становилась периодической функцией. После появления классификации процессов деформирования с использованием принципа запаздывания получила научную основу проблема экспериментального нахождения области применимости определяющих соотношений. В рамках теории упругопластических процессов проведены обширные исследования функционалов пластичности (см. [2–4]). Особенностью всех вариантов ОС, построенных на основе этой теории, является указание класса траекторий деформации, на которых они адекватны.

Теория течения

В теории течения базовым является понятие поверхности нагружения (ПН), а основным постулатом – принцип градиентальности. Некотор-



Рис. 1

рое представление о направлениях развития классической теории течения дает рис. 1.

В теории течения имеются принципиальные трудности с экспериментальным построением поверхности нагружения в точном соответствии с ее теоретическим определением. Действительно, из многочисленных экспериментов известно (см., например, [5]), что с уменьшением допуска на пластическую деформацию ниже примерно $(0.5-1) \cdot 10^{-4}$ форма последующей поверхности нагружения существенно искажается, а ее размеры уменьшаются так, что она заведомо не включает начало координат в пространстве напряжений. Дальнейшее уменьшение допуска на порядок и более может привести к ситуации, когда использование строгого определения поверхности нагружения теряет смысл. Проблема малого допуска усложняется проявлением даже при комнатной температуре временных эффектов, особенно трудно отслеживаемых именно при малых допусках. Видимо, этими обстоятельствами объясняется спад интереса к экспериментальному построению поверхностей нагружения и, напротив, широкое использование условия пластичности Мизеса в расчетных моделях теории течения. Соответствующий комментарий можно сделать и относительно экспериментальной проверки принципа градиентальности: при малых допусках имеются проблемы как с определением нормали к поверхности нагружения (ее направление может изменяться с величиной допуска на пластическую деформацию), так и с определением направления пластической деформации.

Можно указать следующие актуальные зада-

чи, связанные с развитием экспериментальной пластичности: более детальная классификация процессов сложного нагружения, необходимая для построения адекватных определяющих соотношений; создание эффективных методик аттестации ОС и методик учета временных эффектов; аттестация ОС, включенных в универсальные программные комплексы для решения краевых задач, на базе определенных классов процессов деформирования; целенаправленное пополнение банков данных о структурно-механических свойствах материалов; развитие теории эксперимента при неоднородном напряженно-деформированном состоянии образца.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №1108-00961.

Список литературы

1. Ильюшин А.А. Пластичность. Основы общей математической теории. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 271 с.
2. Васин Р.А. Об экспериментальном исследовании функционалов пластичности в теории упругопластических процессов. В кн.: Пластичн. и разрушение тверд. тел. М.: Наука, 1988. С. 40–57.
3. Ohashi Y. Effects of complicated deformation history on inelastic deformation behaviour of metals // Memoirs of the Faculty of Engineering, Nagoya University, 1982. V. 34, No 1. P. 1–76.
4. Зубчанинов В.Г., Охлопков Н.Л., Гараников В.В. Экспериментальная пластичность. Кн. 1. Процессы сложного деформирования. Тверь: ТГТУ, 2003. 172 с.
5. Васин Р.А. Определяющие соотношения теории пластичности // Итоги науки и техн. Сер. Мех. деформ. тверд. тела. М.: ВИНТИ, 1990. Вып. 21. С. 3–75.

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF BASIC HYPOTHESIS AND MODELS OF PLASTICITY

R.A. Vasin

The problem of experimental verification of basic assumptions and hypothesis used in main phenomenological models of plasticity are discussed. The intricacies related to the verification of constitutive equations are considered on the basis of several models. Some important problems of experimental plasticity are formulated.

Keywords: plasticity, constitutive equations, experiment, verification.