

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНИЗОТРОПНОГО ДАВЛЕНИЯ В ПРЕГРАДЕ
ИЗ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СПЛАВА ВЖМ8 ПРИ ЕЕ ДИНАМИЧЕСКОМ
НАГРУЖЕНИИ**

Туч Е.В.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

@ elenatuch@yandex.ru

Целью данной работы является исследование процессов деформирования в монокристаллах жаропрочных никелевых сплавов ВЖМ8 в направлениях, характеризующихся максимальными отклонениями на указательных поверхностях модулей Юнга, сдвига, коэффициента Пуассона. В работе проведено численное моделирование динамического нагружения преграды, выполненной из сплава ВЖМ8, стальным ударником. Скорость нагружения составляла 600 м/с.

Рассмотрены процессы упругопластической деформации при ударном нагружении стальным ударником преграды из монокристаллического сплава ВЖМ8. Ось симметрии преграды (OX) совпадает с направлением [011] материала. Две другие оси координат OY и OZ совпадают с направлениями [011] и [001], соответственно. Поэтому в ударнике реализуется осесимметричное напряженное состояние, а в преграде реализуется трехмерное напряженное состояние. Значения технических упругих и пластических постоянных в декартовой системе координат в трех взаимно перпендикулярных направлениях следующие: $\sigma_{ТХ} = 1050.8\text{МПа}$, $\sigma_{ТУ} = \sigma_{ТZ} = 934\text{МПа}$, $\lambda_{xx} = 1.136$, $\lambda_{yy} = \lambda_{zz} = 0.9362$, плотность монокристаллического сплава ВЖМ8 $\rho = 9060\text{ кг/м}^3$. У стального ударника $\rho = 7850$, $\sigma_T = 640\text{МПа}$.

$E_x = 102.2\text{ ГПа}$, $E_y = E_z = 193.2\text{ ГПа}$, $G_{yz} = 35.8\text{ ГПа}$, $G_{xy} = G_{zx} = 118.7\text{ ГПа}$, $\nu_{xy} = 0.788$, $\nu_{yz} = -0.14$, $\nu_{zx} = 1.489$, $K_x = 261\text{ ГПа}$, $K_y = K_z = 214\text{ ГПа}$. Плотность ВЖМ8 = 9060 кг/м^3 .

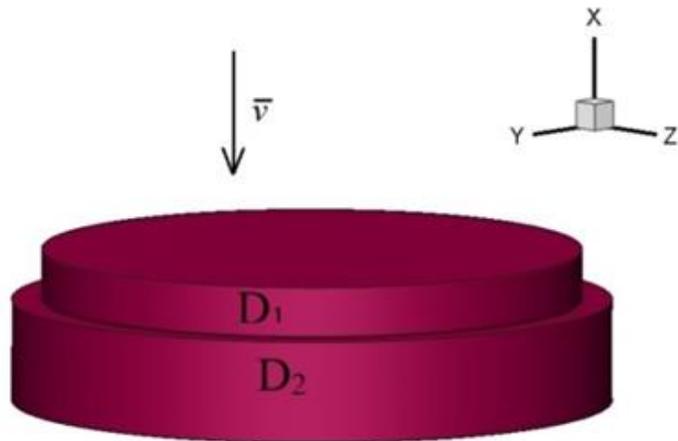


Рис. 1 Исходная конфигурация ударника и преграды, в начальный момент

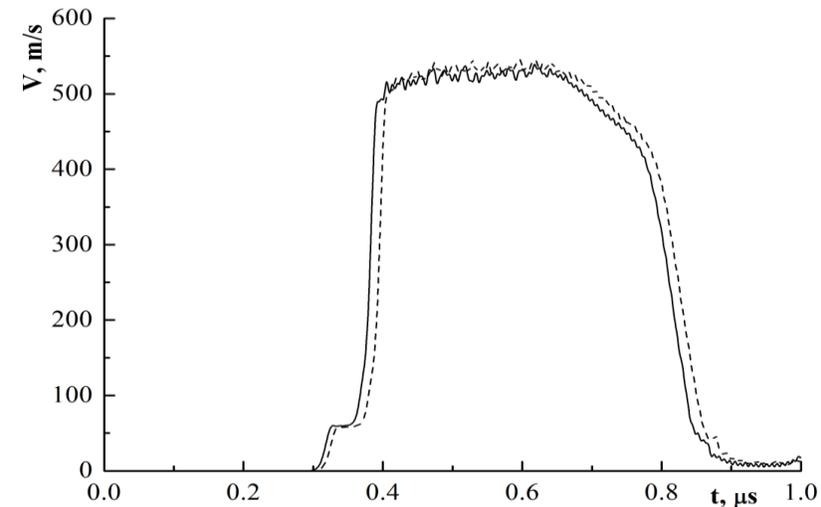


Рис. 2 Профили скоростей тыльной поверхности преграды из монокристалла ВЖМ8 в случае учета анизотропного давления (штриховая линия) и без учета (сплошная линия)

Подходы к разложению упругой потенциальной энергии деформирования в кубических монокристаллах на части, связанные с изменением объема и изменением формы

$$W = (-P_0\delta_{ij} + S_{ij})\left(\frac{1}{3}\varepsilon_0\delta_{ij} + e_{ij}\right) / 2 = \left(-\frac{1}{3}P_0\delta_{ij}\varepsilon_0\delta_{ij} - P_0\delta_{ij}e_{ij} + \frac{1}{3}S_{ij}\varepsilon_0\delta_{ij} + S_{ij}e_{ij}\right) / 2$$

$$W = \sigma_{ij}\varepsilon_{ij} / 2 = (-P_0\delta_{ij} + S_{ij})\left(\frac{1}{3}\varepsilon_0 + e_{ij}\right) / 2 = \left(-\frac{1}{3}P_0\delta_{ij}\varepsilon_0 + S_{ij}e_{ij}\right) / 2,$$

$$\sigma_{ij} = S_{ij} - P_e\lambda_{ij},$$

W - энергия упругой деформации

P_e - сферическая часть тензора напряжений

P_0 - гидростатическое давление

S_{ij} - компоненты тензора девиатора напряжений

$$S_{ij} = C_{ijkl}e_{kl}, \lambda_{ij} = C_{ijkl}\delta_{kl} / 3K_a \quad \lambda_{ij} = 0, \text{ при } i \neq j$$

ε_0 - объемная деформация

$$K_a = C_{ijkl}\delta_{ij}\delta_{kl} / 9, P_e = \varepsilon_V C_{ijkl}\delta_{ij}\delta_{kl} / 3 \quad \lambda_{ij} = \alpha, \text{ при } i = j$$

e_{ij} - компоненты тензора девиатора деформаций

K_a - модуль объемного сжатия C_{ijkl} - упругие постоянные ε_V - объемные деформации в анизотропной среде

Вывод.

Скорость распространения упругих продольных и объемных волн в материале с кубической симметрией свойств в направлении [011] зависит от способа разложения энергии упругой деформации на энергию изменения объема и энергию изменения формы. В случае предположения о соответствии равномерной объемной деформации равномерному напряжению ошибка в скорости распространения продольных и объемных волн для сплава с кубической симметрией свойств ВЖМ8 составляет 2.4% и 3.5%, соответственно.