

ЗАДАЧИ О РАСТЯЖЕНИИ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВ С УГЛОВЫМИ КОНЦЕНТРАТОРАМИ

Я. Ю. Григорьев

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Комсомольский-на-амуре государственный технический университет,
jan198282@mail.ru

Рассматриваются цилиндрические образцы с внешними V-образными и внутренними линзообразными вырезами, при кинематических граничных условиях. Концы цилиндров движутся с постоянной скоростью вдоль оси симметрии Z , соответственно в разном направлении. Материал цилиндра предполагается упругопластическим. Пластическое состояние определяется по критерию Мизеса. Пластические свойства задаются кривой текучести.

Задача решается численно-аналитическим методом, согласно алгоритму, предложенному в работах [1, 2, 3]. Решение внешней задачи находится численно (МКЭ). Внутренняя область представляется жесткопластической и описывается как суперэлемент [4].

Рассматриваются различные условия (материалы, размеры, нагрузки, относительные размеры суперэлемента). Устанавливается, что в задачах о растяжении цилиндрических образцов с внешними вырезами, граничные условия, приложенные на жесткопластической границе, влияют на распределение напряжений и перемещений в окрестности суперэлемента сильнее, чем в задачах с внутренними неоднородностями.

Для поля линий скольжения, представленного на рисунке 1 (задача с внутренним

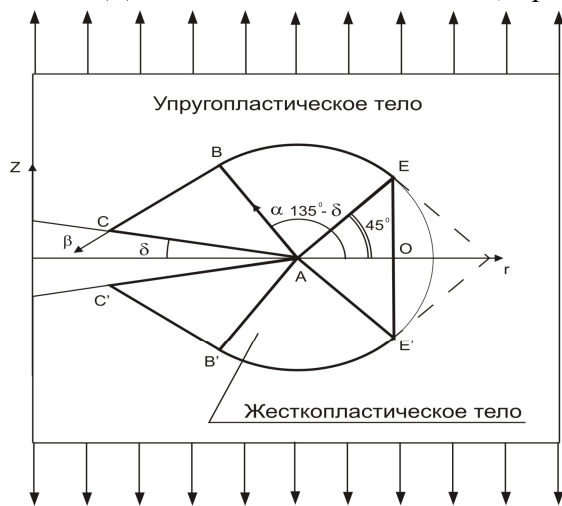


Рис. 1

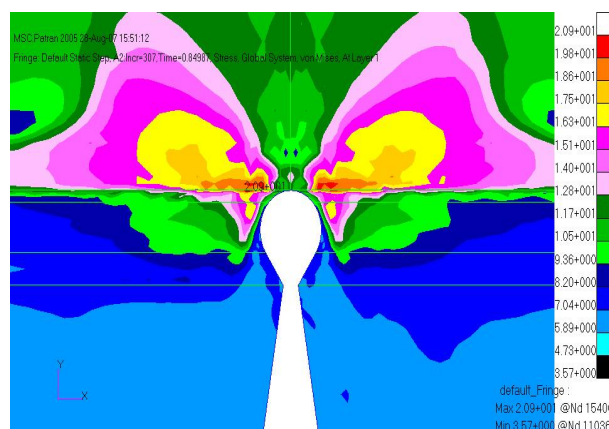


Рис. 2

вырезом) определяются граничные условия для суперэлемента, используя соотношения:

$$[\sigma_{ij}] = \begin{bmatrix} p - k \sin(2\theta) & k \cos(2\theta) & 0 \\ k \cos(2\theta) & p + k \sin(2\theta) & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_\varphi \end{bmatrix}, \quad d\left(\frac{p}{k} + 2\theta\right) + (\sin\theta + \cos\theta) \frac{dS_\beta}{r} = 0, \quad \text{где}$$

$p = -\frac{1}{3}(\sigma_{rr} + \sigma_{zz} + \sigma_{\varphi\varphi})$ – гидростатическое давление, dS_β – элемент длины вдоль β -линии, σ_{ij} – тензор напряжений.

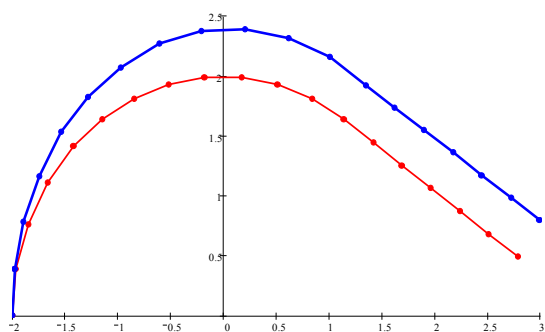


Рис. 3а

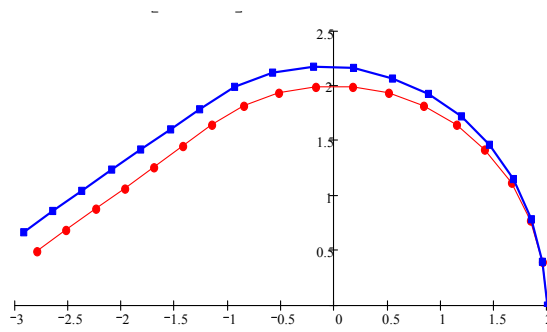


Рис. 3б

Поле напряжений для внешней упругопластической задачи показано на рисунке 2 (задача с внутренним вырезом), а распределение скоростей на границе на рисунке 3 (а - задача с внешней выточкой, б – задача с внутренним вырезом).

Распределение скоростей на границе суперэлемента является исходным для внутренней жесткопластической задачи. Для определения поля деформаций в окрестности центра веера линий скольжения записывается система в компонентах тензора дисторсии (центре веера линий скольжения сходятся линии семейства α) [4, 5, 6].

Результаты исследований показывают, что накопление деформаций в окрестности вершин внутреннего выреза происходит медленнее (размеры суперэлемента для внутренней задачи будут меньше), чем в окрестности внешней выточки. Разрушение материала при осесимметричной деформации происходит быстрее, когда трещина зарождается снаружи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев Я.Ю., Патлина О.В., Шацкий А.Н. О расчете предельных пластических деформаций в зоне углового выреза//Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. 2007. № 1 (14). С. 161-164.
2. Шацкий А.Н., Григорьев Я.Ю., Патлина О.В. Метод расчета предельных пластических деформаций в зоне углового концентратора//Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2006. № 2-2. С. 319-322.
3. Григорьев Я.Ю., Патлина О.В., Шацкий А.Н. Метод расчета предельных пластических деформаций в зоне углового концентратора//Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2006. Т. 6. № 2. С. 319.
4. Хромов А.И., Буханько А.А., Степанов С.Л. Концентраторы деформаций//Доклады Академии наук. 2006. Т. 407. № 6. С. 777-781.
5. Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. Алгоритм решения задачи о растяжении полосы с непрерывным полем скоростей перемещений с использованием деформационно-энергетического условия пластичности// Фундаментальные исследования. РАЕ 2013. № 1 (часть 3). С. 694-700.
6. Качанов Л.М. Основы теории пластичности./Под редакцией Добровольского В.Л. М: 1969 г. 420 с.