

ОЖОГА – МАСЛОВСКАЯ О.О., ЛЬВОВ Г.И., проф.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АВТОФРЕТИРОВАНИЯ ТОЛСТОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРОВ С УЧЕТОМ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ МАТЕРИАЛА

Работа посвящена исследованию остаточных напряжений, возникающих в толстостенном цилиндре вследствие применения процесса автофретирования.

Выполнено исследование упруго-пластического деформирования и разгрузки для осесимметричной задачи. В определяющие соотношения был введен параметр повреждаемости в соответствии с современной теорией разрушения.

Проблема автофретирования толстостенных цилиндров или труб вместе с прочностными аспектами, которые сопровождают данный технологический процесс (остаточные напряжения, малоцикловая усталость, развитие трещин) представляет как научный интерес для механики твердого тела, так и имеет прикладное значение для различных отраслей промышленности.

Рассмотрена задача автофретирования ствола орудия танковой пушки, которая моделируется толстостенным цилиндром сложной геометрии (рис.1), нагруженным внутренним давлением p . Остаточные напряжения могут быть найдены на основании теоремы о разгрузке.

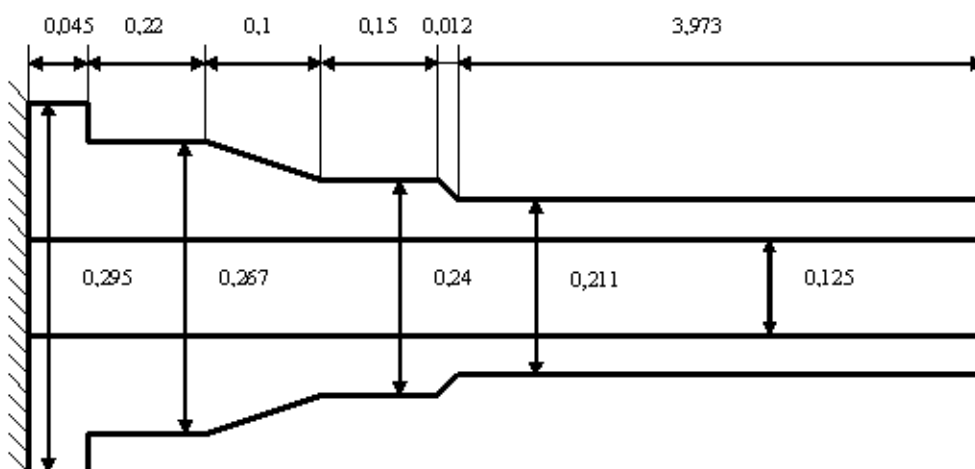


Рис. 1 Модель ствола орудия

В соответствии с известной теоремой о разгрузке для нахождения остаточных напряжений необходимо решить две задачи: 1) упруго – пластической задачи для тела под действием внешних нагрузок; 2) задачи теории упругости для этого же тела под действием тех же нагрузок. Остаточные напряжения находятся как разность 1) и 2) решений.

Диаграмма деформирования материала цилиндра схематизирована в виде диаграммы без площадки текучести с линейным упрочнением, в этом случае

$$\text{при } 0 \leq \varepsilon_i \leq \varepsilon_{iT} \quad \sigma_i = 3G\varepsilon_i; \quad (1)$$

$$\text{при } \varepsilon_i \geq \varepsilon_{iT} \quad \sigma_i = \mu\sigma_T + E_T\varepsilon_i, \quad (2)$$

где $\mu = 1 - \frac{E_T}{E}$ - параметр упрочнения.

Повреждаемость материала моделируется в рамках современной концепции континуальной механики повреждаемости. Характер повреждаемости принимается изотропным. Параметр повреждаемости D введен в соответствии с моделью Работнова-Качанова.

Значение переменной повреждаемости D меняется от 0 до 1:

$$0 \leq D \leq 1$$

$D = 0$ - неповрежденный материал;

$D = 1$ - полностью поврежденный материал.

В рамках плоской задачи выведены уравнения равновесия в перемещениях с учетом повреждаемости материала для упруго-пластического толстостенного цилиндра.

Нагружение толстостенного цилиндра моделировалось в ПК ANSYS в диапазоне от 300 до 500 мПа. При действии давления 350 мПа в цилиндре появляются первые пластические деформации, постепенно увеличивая давление автоскрепления, приходим к критическому давлению 500 мПа, при котором вся конструкция переходит в пластическое состояние.

В работе приведены графики радиальных и окружных остаточных напряжений в сечении, близком к заделке при действии давления автоскрепления в диапазоне от 350 до 500 мПа.

Список литературы: 1. Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М.: Машиностроение, 1968. 2. Тимошенко С. П., Войновский – Кригер С. Пластинки и оболочки. М.: ФМ, 1963. 3. Jane Lamaitre A Course on Damage Mechanics 1996. 4. Качанов Л. М., Основы теории пластичности. М.: Наука. 1969 – 420 с. 5. Басов К.А. ANSYS: справочник пользователя. М.: ДМК Пресс, 2005

