УДК 621.833

А.И. Дудяк, Ф.Ф. Якацук

НОВЫЙ КРИТЕРИЙ ПРОЧНОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТА АППАРАТОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Прочностные расчеты элементов аппаратуры высокого давления кроме чисто математических трудностей наталкиваются и на проблему определения предельно допустимого значения для найденных напряжений. Т.к. элементы аппаратов высокого давления работают в условиях смежного напряженного состояния, то при расчетах в качестве основной прочностной характеристики используется эквивалентное напряжение $\sigma_{экв}$ которое, с одной стороны, является функцией трех главных напряжений и характеризует таким образом напряженное состояние материала, а с одной стороны допускает использование экспериментальных данных, полученных при испытании материала в условиях простейших напряженных состояний (растяжение, сжатие, кручение). Так, например, для пластичных материалов предельным значением для $\sigma_{экв}$ может являться предел текучести, а для малопластичных материалов — предел прочности при растяжении. В общем виде условия прочности могут выражены следующей зависимостью [1], из которой может быть получено выражение для $\sigma_{экв}$.

$$F(\sigma_1,\sigma_2,\sigma_3, m_i) = A, \qquad (1)$$

Константы m_i, характеризующие прочностные свойства материала, определяются по результатам испытаний, полученных при реализации простейших напряженных состояний, путем совместного решения уравнений (1), записанных применительно к каждому из проведенных испытаний. Наиболее эффективным для прочностных расчетов высокотвердых элементов аппаратов высокого давления является критерий, предложенный А.И. Дудяком [2] и имеющий вид:

$$AV + (1+ B \operatorname{sign} V)\, U = C, \qquad (2)$$

где A, B, C — постоянные, величины которых определяются на основании результатов, полученных экспериментально при испытании материала в условиях одноосного растяжения, сжатия и чистого сдвига. $V = \sigma_1+\sigma_2+\sigma_3$ и пропорционально первому инварианта тензора напряжений, $U = (\sigma_1 - \sigma_2)^2+(\sigma_1-\sigma_3)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2$ и пропорционально второму инварианту девиатора напряжений. Однако в области растяжения (V>0) и в области сжатия (V<0) критерий (2) дает различные выражения для $\sigma_{экв}$, что, конечно, является его недостатком. Предложенный в настоящей статье критерий является развитием критерия (2), дает единую формулу для расчета $\sigma_{экв}$ как в области растяжения так и в области сжатия и имеет вид

$$AV + B(\sigma_1-\sigma_3)^2 + U = C, \tag{3}$$

где A,B,C — постоянные, величины которых определяются по результатам экспериментов аналогично критерию (2).

Для предельного состояния при одноосном растяжении $V=\sigma_{вр}$, $(\sigma_1-\sigma_3)^2= = \sigma_{вр}^2$, $U = 2\sigma_{вр}^2$ и выражение (3) принимает вид

$$A\sigma_{вр} + B\sigma_{вр}^2 + 2\sigma_{вр}^2 = C \tag{4}$$

Для одноосного сжатия $V = -\sigma_{вс}$, $(\sigma_1-\sigma_3)^2 = \sigma_{вс}^2$, $U = 2\sigma_{вс}^2$ и выражение (3) имеет вид

$$-A\sigma_{вс} + B\sigma_{вс}^2 + 2\sigma_{вс}^2 = C \tag{5}$$

Для чистого кручения $\sigma_1 = \tau_в$, $\sigma_2 = 0$, $\sigma_3 = -\tau_в$, $V = 0$, $(\sigma_1-\sigma_3)^2 = 4\tau_в^2$, $U = 6\tau_в^2$ и выражение (3) имеет вид

$$4B\tau_в^2 + 6\tau_в^2 = C \tag{6}$$

Решив систему уравнений (4), (5), (6) находим значения коэффициентов A,B,C и выражение (3) принимает вид

$$\frac{2\sigma_{вс}\nu_\tau^2(\nu-1)}{\nu-4\nu_\tau^2}V + \frac{2(3\nu_\tau^2-\nu)}{\nu-4\nu_\tau^2}(\sigma_1-\sigma_3)^2 + U = \frac{-2\nu\tau_в^2}{\nu-4\nu_\tau^2} \tag{7}$$

Умножив обе части выражения (7) на $\nu^2 = (\frac{\sigma_{вр}}{\sigma_{вс}})^2$ после ряда преобразований получим

$$\frac{2\nu\nu_\tau^2(\nu-1)}{\nu-4\nu_\tau^2}V\sigma_{вр} + \frac{2\nu^2(3\nu_\tau^2-\nu)}{\nu-4\nu_\tau^2}(\sigma_1-\sigma_3)^2 + \nu^2 U = -\frac{2\nu\nu_\tau^2}{\nu-4\nu_\tau^2}\sigma_{вр}^2 \tag{8}$$

Избавившись от знаменателя и умножив обе части равенства (8) на $2\nu\nu_t^2$ решим полученное уравнение относительно $\sigma_{вр}^2$

$$\sigma_{вр}^2 - (1-\nu)\sigma_{вр}V - \frac{\nu}{\nu_\tau^2}((\nu-3\nu_\tau^2)(\sigma_1-\sigma_3)^2 + \frac{1}{2}(4\nu_\tau^2-\nu)U) = 0 \tag{9}$$

Подставляя $\sigma_{экв}$ вместо $\sigma_{вр}$ получим выражение для $\sigma_{экв}$, соответствующего предлагаемому критерию.

$$\sigma_{экв} = \frac{1-\nu}{2}V + \sqrt{(\frac{1-\nu}{2}V)^2 + \frac{\nu}{\nu_\tau^2}((\nu - 3\nu_\tau^2)(\sigma_1 - \sigma_3)^2 + \frac{1}{2}(4\nu_\tau^2 - \nu)U)} \quad (10)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Новожилов В.В. Прикладная математика и механика. — 1964. — Вып. 28. — С.3. 2. Дудяк А.И. Теоретические основы конструирования пресс-форм высокого давления и технология получения порошков кубического нитрида бора. Автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук. Минск, 1992. — 34 с.

УДК 621. 81: 621 -192

П.П. Капуста, Д.В. Рыбаков, Д.В. Вихренко, И.В. Швец, В.А. Мазоль

ОЦЕНКА НАРУЖЕННОСТИ ВЕДУЩЕГО МОСТА АВТОМОБИЛЯ: КОМПЛЕКСНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Белорусский национальный технический университет,
Минский автомобильный завод
Минск, Беларусь

1. Вводные положения, предварительный анализ проблемы и основные гипотезы для решения

Ведущий мост автомобиля является одним из наиболее ответственных узлов, одновременно сочетающий в себе все типичные особенности несущих конструкций и элементов трансмиссий. Результатами многочисленных экспериментальных исследований показано, что в процессе циклического нагружения мостов и их деталей происходят разрушения как несущих деталей (картера моста, полуосей и т.д.), так и зубчатых передач и колес (главных конических, как правило, — с криволинейными зубьями; прямозубых конических колесных дифференциалов; планетарных цилиндрических колесных передач) [1–3]. Имеют место разрушения шлицевых соединений, в т.ч. — полуосей, и других деталей. Анализ проведенных экспериментальных и теоретических исследований нагруженности, характеристик шумоизлучения работающих ведущих мостов и их ресурса показывает их взаимосвязь. Оче-