

1. Крагельский И. В. Трение и износ.—М.: Машиностроение, 1968.—480 с.
2. Погосян А. К., Меликсетян Н. Г., Ламбарди Н. А. Высокотемпературное изнашивание фрикционных эболополимерных материалов //Трение и износ.—1983.—Т. 4, № 6.—С. 1090—1098.
3. Suh N. P. The Delamination Theory of Wear //Wear. — 1973. — V. 25.—P. 111—124.
4. Hills D. A., Ashelby D. W. The Initiation of Wear cracks//Wear. — 1981. —V. 70, № 3. —P. 365—371.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. ХLI, № 1, 1988

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Г. Л. ПЕТРОСЯН

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПОРШКОВЫХ ФИЛЬТРОВ

В работе [1] приведен расчет на прочность тонкостенных трубчатых титановых фильтров заданной пористости, нагруженных всесторонним давлением p_v и внутренним перепадом давления p . При этом была использована методика расчета на прочность порошковых материалов и изделий [2]. Целью настоящей работы является развитие методики расчета на прочность порошковых материалов и анализ данных предельных давлений фильтров.

В основе нижеприведенного исследования лежит метод расчета на прочность [1, 2] с некоторым усовершенствованием методики определения величины предельного напряжения σ_{∞} . В большинстве случаев материал порошковых фильтров работает на растяжение, но т. к. порошковые материалы, особенно высокой пористости, плохо работают на растяжение, то аналогичные испытания пористых образцов не позволяют точно определить механические характеристики материала. Поэтому предлагается новая методика определения предельного напряжения без испытания образцов на растяжение. При этом используется основной вид испытания пористых материалов—испытание на одноосное сжатие, которому подвергались цилиндрические и призматические образцы, вырезанные из титановых фильтров. Увеличение степени сжатия осуществлялось ступенчатым нагружением. До нагружения образцов измерялись их начальные размеры (для цилиндрических— d_0 , h_0 , а для призматических— h_0 , a_0 , b_0) и массы G , а после каждой ступени нагружения текущие размеры образцов и определялась соответствующая сила их деформирования F . На основании опытов построены кривые $v - \epsilon$ и диаграммы сжатия $\sigma - \epsilon$, где $\sigma = \frac{F}{A}$ — осевое напряжение, $\epsilon = \ln \frac{h_0}{h}$ — осевая пластическая деформация,

Результаты испытаний цилиндрических и призматических образцов, вырезанных из титанового фильтра наружным диаметром $D \approx 78$ мм, длиной $L = 33$ мм и начальной пористостью $v_0 \approx 0,44$, приведены на рис. 1 и 2. Экспериментальные кривые $\sigma - \epsilon$ и $\nu - \epsilon$ позволяют определить предельное напряжение материала титанового фильтра $\sigma_{\text{пр}}$. Установим следующий критерий предельного состояния материала: предельной является величина пластической деформации материала $\epsilon_{\text{тр}}$, когда в нем возникают первые трещины. При сжатии образцов их объем и пористость уменьшается до тех пор, пока в них не возникают трещины. При появлении первых трещин указанные параметры увеличивается и деформация, соответствующая минимуму кривой $\nu - \epsilon$, является величиной $\epsilon_{\text{тр}}$.

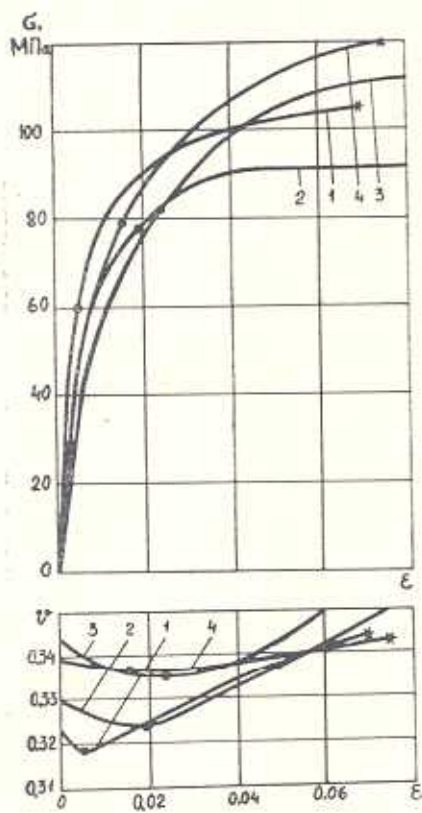


Рис. 1. Кривые $\sigma - \epsilon$ и $\nu - \epsilon$ цилиндрических образцов №1, 2, 3 и 4. Точки: \circ — минимума, $*$ — разрыва.

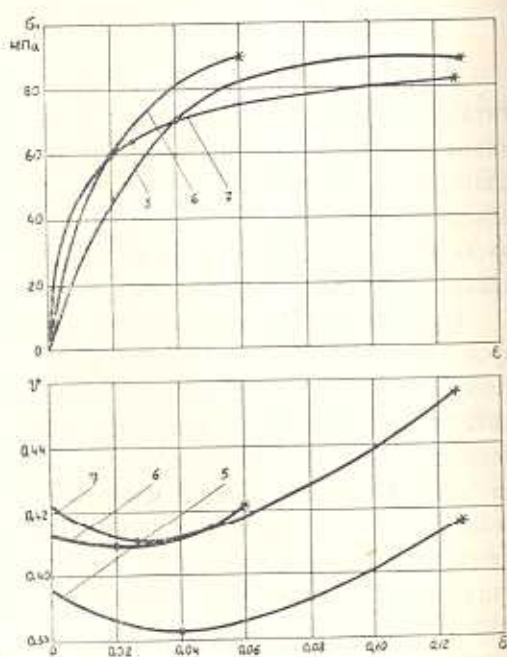


Рис. 2. Кривые $\sigma - \epsilon$ и $\nu - \epsilon$ призматических образцов № 5, 6, и 7. Обозначения аналогичны рис. 1.

На рис. 1 и 2 кружочки на кривых $\nu - \epsilon$ соответствуют появлению трещин на образцах. Далее по величине $\epsilon_{\text{тр}}$ из кривой $\sigma - \epsilon$ легко установить $\sigma_{\text{пр}}$ — напряжение, когда в материале появляется первая трещина. Из рис. 1 и 2 следует, что $\sigma_{\text{пр}} = 67$ МПа. Эта величина используется в дальнейшем для определения предельного давления титанового фильтра.

Напряжение $\sigma_{тр}$ является условным напряжением пористого материала заданной начальной пористости. Чтобы установить соответствующее предельное напряжение материала σ_* , необходимо использовать выражение эквивалентного напряжения [2]:

$$\sigma_{экв} = \frac{1}{\beta^{\alpha+0.5}} \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] + \alpha^m (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2}, \quad (1)$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ — главные напряжения; α, β — функции пористости [3]:

$$\alpha = \frac{v}{2(1-v)}, \quad \beta = (1-v)^2. \quad (2)$$

Для одноосного сжатия цилиндрических образцов, принимая

$$\sigma_{экв} = \sigma_*, \quad \sigma_1 = \sigma_2 = 0, \quad \sigma_3 = -\sigma_{тр},$$

получаем:

$$\sigma_* = \frac{\sqrt{1 + \alpha^m}}{\beta^{\alpha+0.5}} \sigma_{тр}. \quad (3)$$

Как следует из уравнения (3), для материала с различными пористостями будут разными напряжения $\sigma_{тр}$ и σ_* . Последние должны лежать на диаграмме деформирования материала.

Теперь приведем анализ данных расчета на прочность тонкостенного трубчатого фильтра, нагруженного внутренним давлением p , при отсутствии осевых напряжений. В этом случае меридиальные напряжения равны нулю, а окружные напряжения будут определяться по формуле Лапласа [1] и напряженное состояние в стенке фильтра с средним радиусом R , толщиной стенки δ получается линейным:

$$\sigma_1 = \sigma_\theta = \frac{pR}{\delta}; \quad \sigma_2 = \sigma_3 = 0.$$

Из условия разрушения (уравнение (1) при $\sigma_{экв} = \sigma_*$) с учетом (3) получаем предельное давление

$$p_{тр} = \frac{\delta \sigma_{тр}}{R}. \quad (4)$$

В уравнении (4) отсутствуют функции пористости α и β , т. е. влиянием напряженного состояния на величину предельного давления фильтра можно пренебречь, т. к. испытание образцов на сжатие и вышеуказанный случай нагружения фильтра вызывают одноосное напряженное состояние. На рис. 1 и 2 крестики соответствуют максимальным пластическим деформациям ϵ_{max} и напряжениям σ_{max} материалов, откуда находим: $\sigma_{max} = 100,7 \text{ МПа}$.

Как следует из рисунков, появление первых трещин в материале при сжатии не исчерпывает его несущую способность. Материал продолжает пластически деформироваться при увеличивающихся напряже-

ниях. Что касается поведения пористого материала при растяжении, то появление первых же трещин приведет к разрушению материала. Учитывая также то обстоятельство, что имеются большие различия между величинами максимальных напряжений σ_{max} и напряжениями $\sigma_{тр}$, можно считать справедливым использование в расчетах на прочность напряжения $\sigma_{тр}$. О занижении прочностных характеристик порошковых материалов с учетом появления первых трещин указывается также в [4]. При определении p_{max} в уравнении (4) вместо $\sigma_{тр}$ необходимо подставить σ_{max} .

Различие данных, приведенных на рис. 1 и 2, объясняется некоторой анизотропией материала и приближенным определением начальной пористости образцов материала титанового фильтра; т. к. при вытачивании образцов в поверхностных слоях происходит уплотнение материала и, следовательно, уменьшение пористости.

Для титанового фильтра с средним радиусом $R=18,5$ мм, толщиной стенки $\delta=3$ мм, пористостью материала $v_0=0,4$, со средним напряжением появления первых трещин $\sigma_{тр, ср} = 67$ МПа и максимальным средним напряжением $\sigma_{max, ср} = 103,7$ МПа имеем:

$$p_{тр} = 10,8 \text{ МПа}, \quad p_{max} = 16,3 \text{ МПа}.$$

Для определения экспериментального значения предельного давления фильтра была изготовлена установка [5], позволяющая испытать фильтры под внутренним давлением, создающем только окружное напряжение σ_θ . Было установлено, что $p_{эк} = 10$ МПа. Сопоставление полученных результатов показывает, что предельное давление фильтра, полученное по напряжениям появления первых трещин, хорошо согласуется с экспериментами.

Таким образом, приведен простой метод определения напряжений появления первых трещин в порошковых спеченных материалах, который не используется для определения предельного давления титанового фильтра.

Գ. Լ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

ՄԵՏԱՂԱԿԱՆ ՓՈՇՈՒՅ ՊԱՏՐԱՍՏՎԱՆ ԶԵԼՏՐԵՆԻՐ ՊԱՆՈՒՄԱՆ ԵՐԿՐՈՒՄ ԵՎ ԶՆՆՄԱՆ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱ

Ա մ փ ո փ ո ռ ի մ

Առաջարկված է մեթոդիկա, որի հիմքում ընկած են նմուշների տակ փորձարկմամբ ստացված «ծակոտկենություն-պլաստիկ դեֆորմացիա» կորեկը՝ բերված է բազմակողմանի ճնշմամբ և ներքին ճնշման անկմամբ բեռնավորված բարակապատ խողովակաձև տիտանից պատրաստված ֆիլտրերի սահմանային ճնշման տվյալների վերլուծումը:

1. Петросян Г. Л., Анохин В. М., Симонян А. О. Расчет на прочность титановых трубчатых фильтров // Порошковая металлургия.—1984.—№ 7.—С. 57—60.
2. Петросян Г. Л. О критерии прочности пористых материалов // Докл. АН АрмССР.—1983.—Т. 77, № 2.—С. 73—76.
3. Туцинский Л. И., Скороход В. В. Условие пластичности пористых тел // Порошковая металлургия.—1978.—№ 11.—С. 83—87.
4. Бальшин М. Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна.—М.: Металлургия, 1972.—535 с.
5. Расчеты на прочность в машиностроении / С. Д. Пономарев, В. Л. Бидерман, К. К. Лихарев и др.—М.: Машгиз, 1956.—884 с.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. ХLI, № 2, 1988

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Р. О. СААКЯН, Э. С. САРҚИСЯН

ИЗГИБНО-КРУТИЛЬНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЗДАНИЙ СТВОЛЬНОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Настоящая работа посвящена разработке методики расчета многэтажных зданий ствольной конструктивной системы (рис. 1) при сейсмических воздействиях с учетом изгибно-крутильных колебаний, когда основание совершает движение по заданной акселерограмме реальных землетрясений.

В расчетах принимается, что плиты перекрытий являются недеформируемыми, а масса здания равномерно распределена по высоте и по плану здания. Ядро жесткости принимается как цельный консольный бурс, жестко заделанный в основание. Контур сечения ядра считается недеформируемым. В расчетах сдвиговыми деформациями ядра жесткости и податливостью основания пренебрегают.

При составлении уравнений сейсмических колебаний системы принята гипотеза фойгта в ее эквивалентной форме, т. е. компоненты силы внутреннего трения, соответствующие поперечным и крутильным колебаниям, принимаются в виде:

$$F_{\text{тр. } y} = -El_x \frac{\gamma_{\text{изг.}}}{\omega} \frac{\partial^3 y}{\partial z^3 \partial t}; \quad (1)$$

$$F_{\text{кр. } \tau} = -Gl_d \frac{\gamma_{\text{кр.}}}{\omega} \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2 \partial t}. \quad (2)$$

Проведенные вибрационные испытания натуральных 9-, 12-, 16-этажных зданий ствольной конструктивной системы, возводимых методом подъема в г. Ереване [1], показали, что логарифмические декременты затуханий при малых изгибных и крутильных колебаниях практи-