Одним из критериев пригодности эластичных оболочек является стабильность их свойств и размеров. В работе изучали влияние количества циклов прессований на изменение внутреннего диаметра оболочки: $\Delta D/D = (D_0 - D_т) D_0$, где D_0 и $D_т$ — начальное и текущее значения внутреннего диаметра оболочки.

Оказалось, что после незначительных изменений диаметра при первых прессовках дальнейших изменений практически не происходит (рис. 2). Внутренний диаметр для всех трех типоразмеров оболочек практически не изменяется после 15 прессований. Длительное использование оболочек подтвердило стабильность их свойств и размеров.

Важным критерием пригодности полиуретановой оболочки является сцепление с ней металлического порошка. Несмотря на использование порошка с неправильной формой частиц, сцепления последних с оболочкой не происходило. Оболочка легко снималась и на ее внутренней поверхности никаких неровностей не было. Эксперименты также подтвердили высокую износостойкость полиуретановых оболочек.

В процессе работы была изготовлена опытная партия труб. В результате испытаний установлено, что пористые изделия, гидростатически спрессованные в пресс-форме с полиуретановой оболочкой, соответствуют требованиям, предъявляемым к данному виду изделий.

Технологический процесс гидростатического прессования в полиуретановых оболочках внедрен на Краснопахорском экспериментальном заводе металлокерамических изделий (Московская обл.). Экономический эффект составил 56 тыс. руб. в год.

УДК 539.3

С.М.КРАСНЕВСКИЙ, канд.техн.наук,
Е.М.МАКУШОК, д-р техн.наук
(ФТИ АН БССР)

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

Для реального материала желательно определять напряженное состояние в точке деформируемого тела интегральными характеристиками.

Рассмотрим сколь угодно малую единичную сферу вокруг исследуемой точки тела в пространстве главных напряжений. На поверхности этой сферы выделим площадку dS, положение которой в сферической системе координат определяется единичным вектором нормали

$$\bar{n} = n_1\bar{e}_1 + n_2\bar{e}_2 + n_3\bar{e}_3 = n_i\bar{e}_i ,$$

где $\bar{e}_1$, $\bar{e}_2$, $\bar{e}_3$ — единичные векторы, направленные вдоль осей σ_1, σ_2 и σ_3 соответственно; $n_1 = \sin\theta\cos\varphi$; $n_2 = \sin\theta\sin\varphi$; $n_3 = \cos\theta$ — направляющие косинусы единичного вектора нормали.

Площадь поверхности единичной сферы и ее дифференциальный элемент — $S = 4\pi$, $dS = \sin\theta d\theta d\varphi$.

В пространстве главных напряжений вектор полного напряжения на выделенной площадке dS

$$\bar{p}_n = \sigma_i n_i \bar{e}_i \ . \tag{1}$$

Вектор нормального напряжения $\bar{\sigma}_n$ определяется из соотношения

$$\bar{\sigma}_n = (\bar{p}_n \bar{n})\, \bar{n} = \sigma_n n_i \bar{e}_i \,, \tag{2}$$

где нормальное напряжение

$$\sigma_n = \bar{p}_n \bar{n} = \sigma_i n_i \bar{e}_i n_i \bar{e}_i = \sigma_i n_i^2 \ . \tag{3}$$

Вектор сдвигающего напряжения на площадке dS

$$\bar{\tau}_n = \bar{p}_n - \bar{\sigma}_n = (\sigma_i - \sigma_n) n_i \bar{e}_i \,. \tag{4}$$

Формулы (1) – (4) определяют тензор напряжений в данной точке тела. Интегральные характеристики напряженного состояния определяем для абсолютных величин векторов напряжений по нижеследующей схеме.

Обозначим среднее значение любой величины ω по единичной сфере $<\omega>$:

$$<\omega> = \frac{1}{S} \int_S \omega dS = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \omega \sin\theta \, d\theta \, d\varphi \,,$$

а среднее квадратичное значение этой величины – ω_*:

$$\omega_*^2 = \frac{1}{S} \int_S \omega^2 dS = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int^{\pi} \omega^2 \sin\theta d\theta d\varphi \,, \tag{5}$$

где S – площадь единичной сферы.

При стягивании единичной сферы в точку ($S \to 0$) значения $<\omega>$ и ω_* интерпретируем соответственно как среднее и среднее квадратичное значение величины ω в исследуемой точке.

Наибольший интерес представляет среднее квадратичное полное напряжение. Это связано с тем, что полные напряжения, действующие на площадках, проходящих через данную точку, являются определяющими для всех остальных напряжений. Среднее квадратичное полное напряжение по уравнению (5) получаем в виде:

$$p_{n_*}^2 = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} (\sigma_i n_i)^2 \sin\theta \, d\theta \, d\varphi = \sigma_0^2 + \frac{2}{3} T^2 \,, \tag{6}$$

где σ_0 – гидростатическое напряжение; T – интенсивность сдвигающих напряжений.

Полагая, что материал достигает предельного состояния в момент достижения средним квадратичным полным напряжениям p_{n*} некоторого постоянного значения, получаем из выражения (6) следующее уравнение:

$$\sigma_0^2 + \frac{2}{3} T^2 = \text{const} \,. \tag{7}$$

В таком виде уравнение (7) аналогично критериям предельного состояния Ю.И.Ягна и А.И.Боткина [1] .

При соответствующем раскрытии постоянной выражение (7) можно интерпретировать как условие текучести для микроскопического объема материала, содержащего определенное количество полостей или пор. Действительно, в общем случае это уравнение по своей структурной форме соответствует критериям пластичности пористых тел, в том числе металлов [2], что позволяет дать этим критериям ясное физическое толкование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Механические свойства конструкционных материалов при сложном напряженном состоянии. Справочник/А.А.Лебедев, Б.И.Ковальчук, Ф.Ф.Гигиняк, В.П.Ламашевский. — Киев: Наукова думка, 1983. — 366 с. 2. Грин Дж. Р. Теория пластичности пористых тел. — Механика, 1973, 140, вып. 4, с. 109—120.

УДК 539.374

А.С.МАТУСЕВИЧ, д-р техн.наук
(ФТИ АН БССР)

АНАЛИЗ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Формирование композиционного материала прокаткой и горячим прессованием осуществляется в условиях плоского деформированного состояния [1]. В этом случае матричный материал деформируется в двух направлениях: заполняет промежутки между волокнами и течет в направлении поперек волокон под действием одного и того же усилия деформирования. Рассматривая два поля линий скольжения, допускаем в каждом элементарном очаге деформации в процессе элементарного обжатия модель жесткопластического тела, а связь между элементарными полями считаем определяемой зависимостями для жестковязкопластической модели [2].

Зависимость максимального удельного усилия от относительного шага укладки волокон при затекании матричного материала в промежутки между волокнами в случае максимального трения хорошо аппроксимируется уравнением [3]:

$$p/2k_1 = 2\ln[\sigma/(\sigma - d)]\ , \qquad (1)$$

где k_1 — пластическая постоянная матричного материала при заполнении межволоконных промежутков; δ — шаг укладки; d — диаметр волокон.

Течение матричного материала поперек волокон можно рассматривать как сжатие слоя между шероховатыми плитами. В этом случае

$$p/(2k_2) = 1 + [B/(4s)]\ , \qquad (2)$$

где k_2 — пластическая постоянная матричного материала при его течении поперек волокон; B и s — соответственно ширина и толщина матричного слоя.

Из выражений (1) и (2) находим:

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{4s + B}{8s\ln\dfrac{\delta}{\delta - d}}\ . \qquad (3)$$