

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГИХ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ ПРИ ТРЕХТОЧЕЧНОМ ИЗГИБЕ

Мадиярова А.С., Бозбаев Р.Г.

Осы жұмыс зерттеуге эпоксидты термөкүшті байланыстырып тұратындардың шыныпластикалық құбырлардың берікті және қаттылықты қасиеттерінің негізде арналған.

Work is devoted research durability and rigidity properties fiberglass pipes on a basis the heat-resistant epoxy binding.

Высокие удельные показатели прочности и жесткости волокнистых композиционных материалов наряду с химической стойкостью, сравнительно малым весом и другими свойствами, сделали эти материалы привлекательными для изготовления трубопроводов различного назначения. Применение стеклопластиковых труб взамен металлических увеличивает срок службы трубопроводов в 5-8 раз, исключает применение антикоррозионных защитных средств, в 4-8 раз снижает массу трубопровода, исключает применение сварочных работ. При этом остается открытым вопрос применения стеклопластиковых труб работающих при повышенных температурах (до 1200С).

Для определения упругих и прочностных характеристик при изгибе чаще всего используются призматические, реже – цилиндрические образцы. При испытаниях изотропных материалов на изгиб определяется модуль упругости $E_{и}$ и предел прочности при изгибе $\sigma_{и}$. При этом используются зависимости между экспериментально замеряемыми нагрузками P и соответствующими им прогибами ω балок. При трехточечном изгибе стержня модуль упругости $E_{и}$ и предел прочности при изгибе определяются по формулам [1]:

$$E_{и} = P \cdot l_{оп}^3 / (48 \cdot I \cdot \omega_{max}) \quad (1)$$

$$\delta_{и} = 3/2 P_{max} \cdot l_{оп} / (b_0 \cdot h^2) \quad (2)$$

где ω_{max} – прогиб в середине пролета балки;

$l_{оп}$ – расстояние между опорами.

Формула (1) пригодна для оценки прочности при изгибе, если разрушение происходит в упругой области. Кроме нормальных напряжений в изгибаемой балке действуют касательные напряжения, влияние которых на прочность и жесткость изотропных композиционных материалов пренебрежимо мало.

Формулы (1) и (2) не учитывают возможность межслойных сдвигов, поскольку изотропный композиционный материал равнопрочен во всех направлениях.

Армированный композиционный представляет собой составную конструкцию, слабыми местами которой являются низкая сдвиговая

прочность и жесткость в некоторых направлениях. Применение к ним обычных формул теории изгиба, не учитывающих структурных особенностей, может привести к грубым ошибкам.

Разрушение при изгибе изотропных композиционных материалов обычно происходит под действием нормальных напряжений. Армированные анизотропные композиционные в зависимости от размеров образца могут при трехточечном изгибе разрушаться как от нормальных, так и от касательных нагрузок в последнем случае формула (2) для вычисления прочности не приемлема, так как при таких испытаниях определяется не прочность при изгибе, а предел ВХЗ при межслойном сдвиге, и рабочая формула для ее расчета имеет вид

$$\tau_{ВХЗ} = 3/4 (P_{ма} b_0 \cdot h) \quad (3)$$

Таким образом, при испытаниях на изгиб в зависимости от характера разрушения образца можно определить прочность при изгибе или при межслойном сдвиге. На практике в образце всегда действуют и нормальные, и касательные напряжения, поэтому при определении свойств анизотропных композиционных материалов на изгиб нужно учитывать их взаимное влияние.

Наиболее распространен трехточечный изгиб, когда свободно опирающийся на две опоры образец нагружается в середине пролета сосредоточенной силой P . Для расчета модуля упругости при испытаниях слоистых композитов на трехточечный изгиб следует пользоваться уточненными зависимостями, учитывающими влияние сдвиговых деформаций и связывающими максимальный прогиб балки посередине пролета $\omega_{маx}$ с приложенной силой P , истинным модулем упругости при изгибе $E_{и}^{ист}$ и модулем межслойного сдвига G_{xy} [2]:

$$\omega_{маx} = - (P \cdot l_0^3 / (48 \cdot E_{и}^{ист} \cdot I) [1 + \alpha_k (h/l_0)^2 \cdot E_{и}^{ист} / G_{xy}]), \quad (4)$$

где α_k -коэффициент, зависящий от формы поперечного сечения балки для прямоугольного сечения $E_{и}^{ист} = 1,2$.

Истинный модуль упругости при изгибе $E_{и}^{ист}$ связан с фиктивным модулем $E_{и}$, который рассчитывается по формуле (1), соотношением

$$1 / E_{и} = 1 / E_{и}^{ист} + (1,2 G_{xy}) (h/l_0)^2 \quad (5)$$

Чем больше отношение толщины образца к его длине (h/l_0) и чем больше степень анизотропии композита, характеризуемая отношением $E_{и}^{ист} / G_{xy}$, тем больше отличается значение истинного модуля упругости от фиктивного [3].

С помощью единичного эксперимента по формуле (4) нельзя вычислить модули упругости, поскольку она содержит две неизвестные величины $E_{и}^{ист}$ и G_{xy} . Чтобы получить значения этих величин испытываются несколько образцов с разным отношением (h/l_0) , строится график h/l_0 и строится график, по оси абсцисс которого откладывается величина $(h/l_0)^2$, а по оси ординат – $(1/ E_{и})$. В этих координатах зависимость (5) должна изображаться прямой линией, пересекающей ось ординат, соответствующей $(1/ E_{и}^{ист})$, а тангенс угла наклона этой прямой к оси абсцисс равен $1,2/ G_{xy}$. Далее значения $E_{и}^{ист}$ и G_{xy} определяются методом наименьших квадратов.

Уточненная формула для расчета максимальных нормальных напряжений σ^* при изгибе имеет вид

$$\sigma^* = \sigma_n (1 + \kappa_a^2 / 15 - \kappa_a^4 / 525) \quad (6)$$

для расчета максимальных сдвиговых напряжений

$$\tau_{xy}^* = \tau_{Bxz} (1 - \kappa_a^2 / 60 + \kappa_a^4 / 12600), \quad (7)$$

где σ_n и τ_{Bxz} определяются по формулам (2) и (3) соответственно;

$\kappa_a = (\pi h / 2l_0) (E_n G_{xy})^{1/2}$ – параметр анизотропии.

Таким образом, проводится обработка результатов испытаний на трехточечный изгиб образцов стеклопластиковых труб, как в осевом, так и в радиальном направлениях.

Литература:

1. Васильев В.В. Справочник «Композиционные материалы» - М.: Машиностроение, 1990, 512 с.
2. Шаклеина С.Э. «Статическая и длительная прочность элементов пульпо- и реагентопроводов из композиционных материалов»- Пермь, 2003, 340 с.
3. Тучинский Л.И. Композиционные материалы, получаемые методом пропитки. М.: Металлургия, 1986, 208 с.