

УДК 621.74.045

ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ СЛОИСТЫХ ОБОЛОЧКОВЫХ ФОРМ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

¹Тышкевич В.Н., ²Евстигнеев А.И., ¹Худяков К.В.

¹Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Волжский, e-mail: vpi@volpi.ru;

²Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, Комсомольск-на Амуре, e-mail: office@knastu.ru

Приведены результаты экспериментальных исследований прочности стандартных образцов для слоистых оболочковых форм по выплавляемым моделям. Получены зависимости предела прочности материала от пористости.

Ключевые слова: оболочковая форма, прочность, пористость, слоистость

EFFECT OF POROSITY ON THE STRENGTH OF THE LAYERED SHELL MOLDS FOR INVESTMENT CASTING

¹Tyshkevich V.N., ²Evstigneev A.I., ¹Hudyakov K.V.

¹Volzhsky Polytechnical Institute (branch) of the Volgograd State Technical University, Volzhsky, e-mail: vpi@volpi.ru;

²Komsomolsk-on-Amur State Technical University, Komsomolsk-on-Amur, e-mail: office@knastu.ru

Results of experimental investigations of strength of reference samples for the layered shell molds for investment casting are described in the article. The dependences of the tensile strength of the material on the porosity are detected.

Keywords: shell mold, strength, porosity, lamination

Пористые слои вводят в структуру литейных оболочковых форм по выплавляемым моделям для повышения трещиностойкости и термпрочности [1–4]. При определении механических характеристик таких форм, получаемых обычно послой-

ным формированием, необходимо учитывать их слоистость [1–3].

Для определения механических характеристик материала оболочковых форм рекомендуется схема испытаний образцов-пластин при трехточечном изгибе (рис. 1, а) [4].

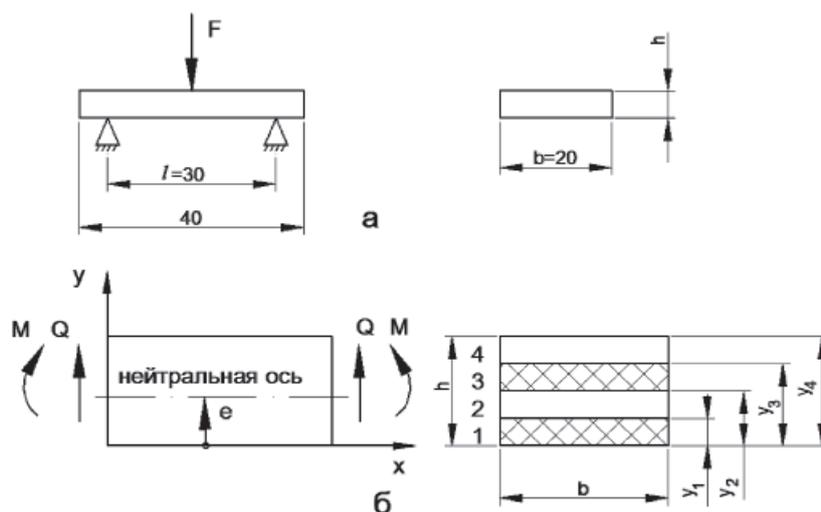


Рис. 1. Слоистый образец-пластина:

а – схема испытаний; б – структура материала; 1...4 – номера слоев

Исследовалась прочность образцов-пластин стандартных размеров $b = 20$ мм, $l = 30$ мм, с различной пористостью слоев и различными комбинациями расположения слоев по толщине образца (рис. 2).

Истинная пористость i -го слоя $\Pi_{и}^{(i)}$ задается в процентах ($0 \leq \Pi_{и}^{(i)} \leq 100$ %).

Отношение плотности слоев

$$\eta_i = \frac{\rho_i}{\rho_0} = \frac{100 - \Pi_{и}^{(i)}}{100}$$

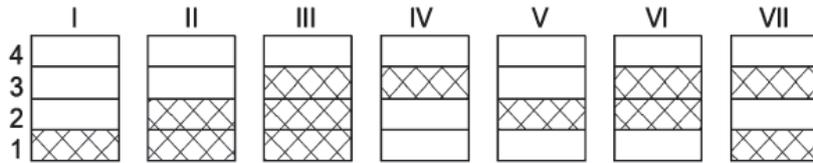


Рис. 2. Исследованные варианты расположения пористых слоев 1...4 по толщине образцов-пластин

Модуль продольной упругости материала i -го слоя $E_i = \eta_i E_0$, где E_0, ρ_0 – модуль упругости и плотность слоя без порообразующих добавок.

Изгибная жесткость образца-пластины определяется из соотношения:

$$D = I_2 - I_1^2 / I_0,$$

где $I_n = bE_0 \int_0^h \eta_i y^{n+1} dy; n = 0, 1, 2$.

В общем случае структура материала не симметрична по толщине и координата нейтральной оси e (рис. 1, б) определяется из отношения: $e = I_1 / I_0$. Начало координат принимается на нижней поверхности.

Нормальные (σ_x) и касательные (τ_{xy}) напряжения определяются по формулам:

$$\sigma_x = \eta_i E_0 \frac{M}{D} (y - e);$$

$$\tau_{xy} = -\frac{QE_0}{D\eta_i b} \int_0^y \eta_i (y - e) dy.$$

Пористость слоев изменяется в пределах 10–40%, что соответствует изменению коэффициента η в пределах 0,6–0,9. Пористость изменялась в слоях, которые заштрихованы на рис. 2, их толщина равна $h_i = 1,05$ мм.

Разрушающие нагрузки в зависимости от пористости слоев для прокатанных образцов приведены на рис. 3 [2].

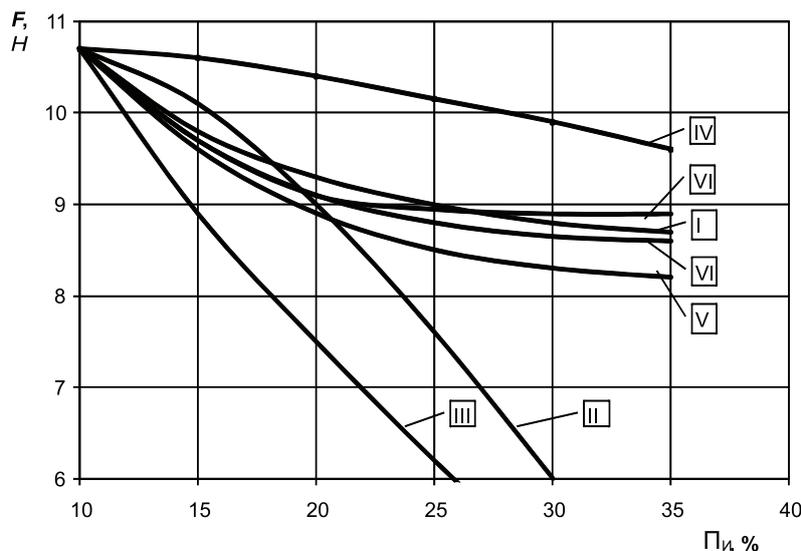


Рис. 3. Зависимость разрушающей нагрузки от пористости слоев для различных структур (I – VII)

Номера структур на графиках рис. 3 соответствуют рис. 2.

Разрушение хрупкого материала образцов-пластин начинается в растянутой области. Учитывая различную пористость слоев, определять предел прочности материала по разрушающей нагрузке и максимальным напряжениям растяжения на нижней поверхности нельзя. Образец разрушается послойно, на характер разрушения влияет и низкая сдвиговая жесткость слоев с порообразующими добавками. Касательные напряжения по толщине слоистого образца

изменяются ступенчато [2,5]. Эффективная (рабочая) ширина i -го слоя зависит от пористости $b_i = \eta_i b_0$, где b_0 – ширина слоя без порообразующих добавок.

Расчет на прочность слоистых образцов при трехточечном изгибе необходимо проводить по предельным нагрузкам, а не по максимальным напряжениям.

На рис. 4 представлены зависимости максимальных растягивающих напряжений, вычисленных по разрушающей нагрузке в нижней точке образца при $y_i = 0$ для образцов всех структур.

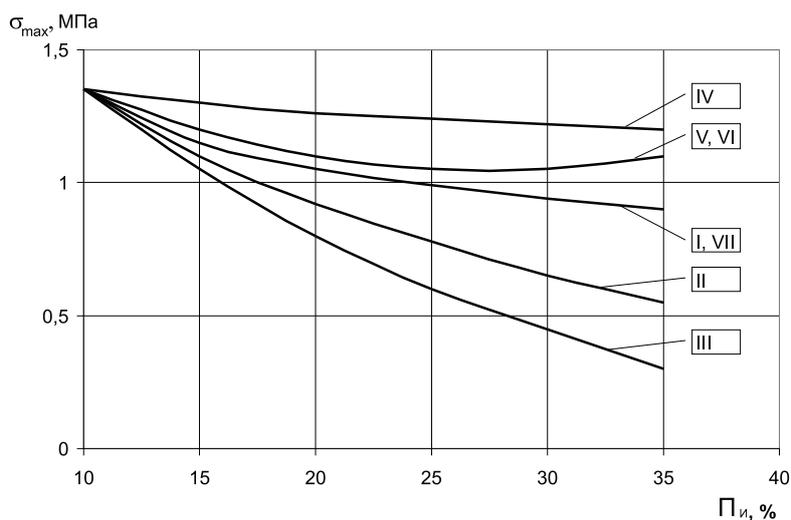


Рис. 4. Зависимость максимальных растягивающих напряжений в образцах-пластинах от пористости слоев

Зависимости для образцов со структурой III- на рис. 4 определяют зависимость предела прочности исследованного материала от пористости. Эту зависимость можно использовать для оценки прочности слоёв различной пористости при формировании оптимальных структур оболочковых форм по выплавляемым моделям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определение механических характеристик оболочковых форм с учётом их слоистости / А.И. Евстигнеев, И.Г. Сапченко, В.Н. Тышкевич, В.В. Васин, В.И. Куренков // Известия вузов. Чёрная металлургия. – 1991. – № 2. – С. 51–53.
2. Влияние пористости на прочность оболочковых форм по выплавляемым моделям / А.И. Евстигнеев, И.Г. Сапченко, В.Н. Тышкевич, В.В. Васин // Известия вузов. Чёрная металлургия. – 1991. – № 8. – С. 51–53.
3. Определение механических характеристик слоистых оболочковых форм / А.И. Евстигнеев, И.Г. Сапченко, В.Н. Тышкевич, Г.И. Тимофеев // Литейное производство. – 1992. – № 8. – С. 25.
4. Лакеев А.С. Формообразование в точном литье. – Киев: Наукова думка, 1986. – 256 с.
5. Тышкевич В.Н., Кулько П.А. Расчёт и изготовление конструкций из армированных пластиков: учеб. пособ.(гриф). Доп. УМО вузов РФ по образованию в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов. Волгоград: ВолгГТУ, 2010. – 178 с.