

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ТУПИКОВЫХ КАПИЛЛЯРАХ

Васильева К.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Лобанова И. С., к.т.н., ст. преподаватель
отделения контроля и диагностики ТПУ*

Капиллярный метод неразрушающего контроля применяется для обнаружения поверхностных и сквозных несплошностей в изделиях из любых непористых твердых материалов, для дефектов с раскрытием менее 1 мкм.

Его огромным преимуществом для контроля объектов является способность не только обнаружить и идентифицировать дефекты, но и по их расположению, форме, протяженности и ориентации получить полную информацию как о причинах возникновения повреждения, так и о характере объекта.

Полости реальных трещин, чаще всего являющихся тупиковыми, имеют форму узкого клина, вершина которого обращена внутрь материала. Попав в такую трещину, проникающая жидкость смачивает ее полость и продолжает проникать внутрь неё даже после полного удаления с поверхности объекта контроля. [1]

Были изучены уравнения, позволяющие производить моделирование процессов впитывания с учетом изменения всех параметров задачи. [5]

$$\rho h_1 \frac{d^2 h_1}{dt^2} + \frac{1}{h_1} \left(\frac{dh_1}{dt} \right)^2 + \frac{8\mu}{\rho r^2} \frac{dh_1}{dt} - \frac{2\sigma a_s \cos(\theta_0)}{\rho h_1 r} - \frac{(p_a - p_c)h_0 - p_a h_1}{\rho h_1 (h_0 - h_1)} + g \sin(\alpha) = 0$$

$$dm = -D \frac{d\rho}{dx} \cdot \pi \cdot r_k^2 \cdot dt,$$

где p_c – давление сжатого газа,

m – масса вещества,

D – коэффициент диффузии,

ρ – плотность вещества,

r_k – радиус капилляра,

t – время, x направление переноса массы.

Для выполнения поставленной задачи моделирование проводилось в программе «Капилляр». В качестве материала было выбрано стекло. В качестве жидкостей применяли изопропиловый спирт и воду.

Для подтверждения математической модели и работоспособности программы был проведен эксперимент. Для проведения эксперимента были взяты стеклянные капиллярные трубочки размерами 900 мкм, соответственно. На них наносились деления с шагом 10 мм.

Экспериментальные значения и результаты моделирования отличаются. Это можно объяснить тем что: 1) рабочая поверхность стекла пластины недостаточно была обезжирена, что препятствовала проникновению жидкости; 2) размер капли жидкости мог быть не всегда одинаков; 3) возможно, что программы не учитывает все факторы, которые могут возникнуть при проведении эксперимента.

Список информационных источников

1. Калиниченко, Н.П. Капиллярный контроль: учебное пособие для подготовки специалистов 1, 2 и 3 уровня / Н.П. Калиниченко, А.Н. Калиниченко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 292 с.

2. ГОСТ Р ИСО 3452-2-2009. Контроль неразрушающий. Проникающий контроль. Часть 2. Испытания пенетрантов.– Москва: Стандартинформ, 2010. – 26 с

3. G. Cavaccini, V. Pianese, S. Iacono, A. Jannelli, and R. Fazio. Onedimensionalmath-ematical and numerical modeling of liquid dynamics in a horizontal capillary. J. Comput. Meth. Sci. Eng., 9:3–16, 2009.

4. Прохоренко П.П., Мигун Н.П. Введение в теорию капиллярного контроля. – Ми.: Наука и техника, 1988. – 207 с.

5. Бекман, И. Н. Высшая математика: математический аппарат диффузии. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 459 с.

6. M. Hultmark, J.M. Aristoff, and H. A. Stone. The influence of the gas phase on liquid imbibition in capillary tubes. J. Fluid Mech., 678:600–606, 2011.

7. S. Deutsch. A preliminary study of the fluid mechanics of liquid penetrant testing. J. Res. Natl. Bur. Stand., 84:287–292, 1979.

8. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. – Москва: Издательство стандартов, 1981. – 16 с.