BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 1991-3494
Volume 3, Number 373 (2018), 269 – 274

A. A. Genbach[1], D. Yu. Bondartsev[1, 2]

[1]AUPET, Almaty, Kaszakhstan,
[2]JS «Trest Sredazenergomontazh», Almaty, Kaszakhstan.
E-mail: d.bondartsev@saem.kz

EXPERIMENTAL METHOD OF STUDYING THE LIMIT STATE OF THE HEAT EXCHANGE SURFACE COVERED BY A CAPILLARY-POROUS MEDIUM

Abstract. Capillary-porous systems have high intensity, high heat transfer ability, reliability, compactness. The results of calculations and experiments showed that the maximum thickness of the particles that break off under the action of compression forces for coatings from granite is $(0,25\div0,3)\cdot10^{-2}$ m. Sections of compression curves that determine the separation of particles with dimensions of more than $0,3\cdot10^{-2}$ m for large heat fluxes and short feed times, are screened by the melting curve, and in the case of small heat fluxes and time intervals, the expansion curve. The research is aimed at creating porous coatings in cooling systems from well – and poorly conductive materials.

Keywords: heat transfer crisis; capillary-porous structure; heat and power installations, cooling systems.

УДК 536.248.2

А. А. Генбач[1] , Д. Ю. Бондарцев[1,2]

[1]АУЭС, Алматы, Казахстан,
[2]АО «Трест Средазэнергомонтаж», Алматы, Казахстан

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ПОКРЫТОЙ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОЙ СРЕДОЙ

Аннотация. Капиллярно-пористые системы обладают высокой интенсивностью, большой теплопередающей способностью, надежностью, компактностью. Результаты расчетов и эксперимента показали, что максимальная толщина частиц, отрывающихся под действием сил сжатия для покрытий из гранита составляет $(0,25\div0,3)\cdot10^{-2}$ м. Участки кривых сжатия, определяющие отрыв частиц с размерами более $0,3\cdot10^{-2}$ м для больших тепловых потоков и малого времени подачи, экранируются кривой плавления, а в случае малых тепловых потоков и интервалов времени – кривой растяжения. Исследования направлены на создание пористых покрытий в системах охлаждения из хорошо – и плохо проводных материалов.

Ключевые слова: кризис теплопередачи; капиллярно-пористая структура; тепловые энергоустановки, системы охлаждения.

Введение. Применение капиллярно-пористых материалов в технике привлекало многих исследователей и изобретателей создавать на их основе различные устройства. Повышалась интенсивность теплоотводящих систем и форсировка протекающих в них процессов [1-3]. Использование пористых материалов, помимо систем охлаждения, позволяло создавать агрегаты, в которых решались проблемы взрывобезопасности, охраны труда и долговечности [4, 6]. Этому способствовала возможность управлять процессами парообразования за счет избытка жидкости в порых и капиллярных структурах, создаваемого совместными действиями капиллярных и массовых сил [7-9].

В тепловых энергетических установках (ТЭУ) капиллярно-пористые материалы используются для охлаждения высокофорсированных детонационных горелочных устройств [3], создания пароохладителей в паровых котлах [9], маслоохладителей, исключающие попадания масло в охлаждающую воду и воды в систему подшипников [10], лабиринтных уплотнений [11], и в других устройствах [21]. Основные области практического применения капиллярно-пористых систем представлены в [3, 5, 8-11].

Капиллярно-пористые системы позволяют достигнуть экономии топлива, сырья, воздуха, воды, тепла, повысить надежность охлаждения и взрывопожаробезопастность работы оборудования, способствовать высокоэффективному разрушению горных пород, бетонов, металлов, уменьшить низкотемпературную коррозию поверхностей, сократить загрязнению биосферы ядовитыми газами, пылью, теплом, ускорить решение проблем продовольственной программы, получить большой экономический и социальный эффекты в области экологии и охраны труда.

Авторы [12] проводят сравнительный анализ методов расчета теплоотдачи по кипению воды с недогревом в вертикальных каналах, причем считают очаговую коррозию оболочек твэлов ядерных реакторов аналогом капиллярно-пористой структуры [13, 14]. Однако исследования теплообмена по регулярной структурированной поверхности не проводились.

По мнению авторов [15, 16], поверхностное кипение на пористых поверхностях может влиять на развитие коррозии из-за эрозионного воздействия на поверхность теплообмена при схлопывании пузырей пара в недогретой жидкости. Поэтому требуется исследовать парообразование жидкости в капиллярно-пористых структурах в поле капиллярных и массовых сил с учетом скорости и недогрева, которые создаются избытком жидкости.

Оценка интенсивности теплообмена для кипения жидкости в большом объёме и тонких пленках на гладкой поверхности показала на их равные возможности [12-14] при высоких тепловых потоках и на более высокие показатели теплопередачи, чем у систем с капиллярно-пористым покрытием [15, 16]. Требуется провести исследования теплопередающих возможностей капиллярно-пористых покрытий, работающих в поле капиллярных и массовых сил, и установить величины придельных (критических) нагрузок, приводящих к разрушению поверхностей нагрева.

Проведенные исследования позволяют дать рекомендации по выбору теплохолодоносителя, учесть вид его циркуляции, определить геометрию и материал аппаратов и интенсификаторов теплообмена, с учетом условий и ориентаций работы системы под давлением или разрежением, подводом и видом энергии, ориентации системы. Обобщение экспериментальных результатов и методика расчета тепло- и массообменна в капиллярно-пористых системах представлены в [17-21].

Модель капиллярно-пористой структуры системы охлаждения. Модель капиллярно-пористого покрытия, нанесенного на охлаждаемую поверхность теплонагруженного элемента энергоустановок, показана на рисунке 1. При наступлении кризиса кипения возникает предельное состояние поверхности нагрева и происходит разрушение последней вместе с покрытиями. Такая схема позволяет моделировать трещины хрупких покрытий и пластических пористых структур.

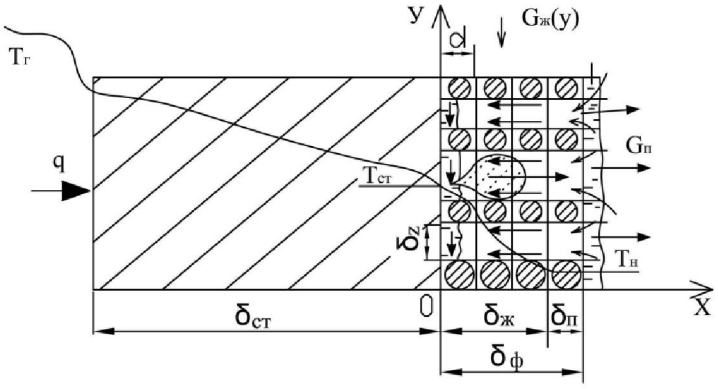

Рисунок 1 – Физическая модель процессов тепломассопереноса в пористой структуре, покрывающей охлаждаемую поверхность: прямые линии – движение жидкости; волнистые линии – движение пара: q – тепловой поток, $T_г$,$T_{ст}$,$T_н$ – температура газов, стенки, насыщения; $G_ж(y)$, $G_п$ – расход жидкости и пара; $\delta_{ст}$, $\delta_ф$, $\delta_ж$, $\delta_п$ – толщина парогенерирующей поверхности, пористого покрытия, жидкости и пара, b_z, d – ширина ячеек пористого покрытия и диаметр зерен