

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК НАНОЧАСТИЦ TiO_2 НА ПРОЦЕСС КИПЕНИЯ ХЛАДАГЕНТА R141b В СВОБОДНОМ ОБЪЕМЕ

Хлиева О.Я.¹, Гордейчук Т.В.¹, Никулин А.Г.²,
Лукьянов Н.Н.¹, Железный В.П.¹

¹Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина

²Высший технический институт, Лиссабон, Португалия
тел. (096) -457-09-78, e-mail: khliyev@uk.net

Цель работы. Оценка влияния примесей наночастиц TiO_2 и ПАВ в рабочем теле компрессорной холодильной системы (R141b) на коэффициент теплоотдачи (КТО) и внутренние характеристики процесса кипения в свободном объеме.

Результаты. В качестве объектов исследования рассматривались: хладагент R141b; раствор хладагента R141b с ПАВ Span80 (0,1 % масс.) (CAS № 1338-43-8); нанофлюид, состоящий из хладагента R141b, ПАВ Span-80 (0,1 % масс.) и наночастиц TiO_2 (0,1 % масс.). Размер наночастиц TiO_2 в порошке не превышали 25 нм (CAS № 1317-70-0, Sigma-Aldrich).

Исследование КТО при кипении в свободном объеме было проведено на оригинальной установке при трех значениях избыточного давления (1,0; 0,2; 3,0)·10⁵ Па в интервале тепловых нагрузок от 5 до 70 кВт/м². В качестве греющей поверхности использовался стальной капилляр диаметром 2 мм. Исследование внутренних характеристик процесса кипения (отрывного диаметра пузырька, частоты отрыва и скорости роста паровых пузырей) проводилось при атмосферном давлении. Для этого была проведена фотофиксация процесса на фотокамеру (экспозиция составляла 25 мкс, интервалы между экспозициями 5 мс) с последующей обработкой изображений в графическом редакторе.

Выполнено сравнение экспериментальных значений КТО с рассчитанными по критериальному уравнению, предложенному В.И. Толубинским. В данном уравнении были использованы полученные в эксперименте средние значения скорости роста паровых пузырей для рассматриваемых объектов исследования.

Выводы. 1. Добавки ПАВ приводят к небольшому увеличению КТО при кипении в свободном объеме при низких плотностях теплового потока и к уменьшению его при высоких. Примеси наночастиц TiO_2 способствуют небольшому увеличению КТО по сравнению с этой величиной для раствора R141b/ПАВ. Коэффициент теплоотдачи при высоких плотностях теплового потока для R141b остается выше, чем для нанофлюида.

2. Полученные в эксперименте данные о средней скорости роста паровых пузырей в объектах исследования показывают для нанофлюида R141b/ПАВ / TiO_2 эта величина несколько больше, чем для чистого R141b.

3. Показано что критериальное уравнение Толубинского может быть использовано для прогнозирования КТО при кипении в свободном объеме нанофлюидов R141b/ ПАВ / наночастицы TiO_2 .

AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF SURFACTANT AND TiO₂ NANOPARTICLES ADDITIVES IN R141b ON THE NUCLEATE POOL BOILING PROCESS

Khliyeva O.¹, Gordeychuk T.¹, Nikulin A.²,
Lukianov N.¹, Zhelezny V.¹

¹Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine

²Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, IN+, Portugal
tel. (096) -457-09-78, e-mail: khliyev@uk.net

Purpose of the study. The main purpose of this study was to evaluate the effect of surfactant and TiO₂ nanoparticles additives in the working fluid of compressor refrigerating system on the heat transfer coefficient (HTC) and internal characteristics of the nucleate pool boiling process.

Results. The experiments were carried out with the following substances: refrigerant R141b; solution R141b / surfactant Span-80 (0.1 % mass.) (CAS No. 1338-43-8); nanofluid R141b / surfactant Span-80 (0.1 % mass.) / TiO₂ nanoparticles (0.1 % mass.). The size of TiO₂ nanoparticles (nanopowder) did not exceed 25 nm (CAS No. 1317-70-0, Sigma-Aldrich).

The study of HTC during nucleate pool boiling was carried out using the original experimental setup at three values of excess pressure (1.0, 0.2, 3.0)·10⁵ Pa and range of heat flux density from 5 to 70 kW/m². A stainless capillary with a diameter of 2 mm was used as a heating surface. The internal boiling characteristics (bubble departure diameter, frequency of bubble departure and mean velocity of bubble growth) were studied at atmospheric pressure. The snapshots of boiling process was taken with the camera (exposure time was 25 μs, intervals between snapshots 5 ms). The obtained images were processed in a graphics editor.

A comparison of the experimental value of HTC with calculated ones using the proposed by V.I. Tolubinsky equation has been carried out. The experimental values of the mean velocity of bubble growth were used in this equation.

Conclusions. 1. Additives of surfactant lead to a slight increase in HTC during nucleate pool boiling at low heat flux densities and to a decrease in HTC at high heat flux densities. The additives of TiO₂ nanoparticles lead to a slight increase in HTC compared to this value for the R141b / surfactant solution. Nevertheless, the HTC at high heat flux densities for R141b remains higher than for the nanofluid.

2. The experimental data on the mean velocity of bubble growth shows that this value for nanofluid R141b / surfactant / TiO₂ can be higher than for pure R141b.

3. It was shown that the equation of V.I. Tolubinsky can be used to predict of nucleate pool boiling HTC for nanofluids R141b / surfactant / TiO₂ nanoparticles.