

Абедтазехабади Акрам (Иран)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Феоктистов Дмитрий Владимирович,
канд. техн. наук., доцент

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Разработка принципиально новых стратегий и технических решений, приводящих к повышению энергоэффективности и ресурсосбережения систем охлаждения энергонасыщенного оборудования невозможна без создания новых конструкционных материалов. К перспективным системам охлаждения, например, устройств связи пятого поколения 5G, относятся системы, базирующиеся на капельном орошении. Такое охлаждение позволяет повысить интенсивность и равномерность теплоотвода, значительно снизить расход теплоносителя. Но полученные к настоящему времени результаты показывают, что использование традиционных подходов (применение элементов систем охлаждения, изготовленных из стали, меди, алюминия и их сплавов, обработанных шлифовкой или полировкой) не позволяют решить задачу интенсивного охлаждения поверхностей, нагретых до высоких температур. Лазерные методы обработки теплопередающих поверхностей – один из наиболее эффективных способов интенсификации процессов испарения и кипения. В связи с развитием в последние десятилетия лазерной техники стали доступны финансово возможные технологии создания целевых, функциональных поверхностных свойств металлов. Использование на практике модифицированных лазерным излучением теплопередающих поверхностей систем охлаждения может решить ряд проблем, связанных с удовлетворением растущего глобального спроса на энергетические ресурсы, в частности, при интенсификации отвода тепловых потоков высокой плотности от элементов энергонасыщенного оборудования путем смещения кризиса теплообмена второго рода в область более высоких температур. Эффект Лейденфроста является частным случаем пленочного кипения [1]. Условия реализации эффекта Лейденфроста зависят от: химического состава и текстуры поверхности, ее свободной поверхностной энергии, теплофизических свойств жидкости и твердого тела [2].

Целью работы являлась оценка возможности смещения кризиса теплообмена (эффекта Лейденфроста) в область более высоких температур путем модификации теплопередающих поверхностей нагрева лазерным излучением наносекундной длительности.

Исследования проводились на образцах из нержавеющей стали и АМГ-3. Процессы испарения капель исследовались на установке, схема которой представлена на рисунке 1.

Капля 1 воды помещалась дозатором 2 на поверхность образца 3. Объем капли 5 мкл соответствовал типичному объему капель, генерируемых системами охлаждения, базирующиеся на капельном орошении. Исследуемые процессы регистрировались теневым оптическим методом с использованием оборудования высокоскоростной видеорегистрации быстропротекающих процессов 4. Плоскопараллельный свет генерировался с помощью источника света 5 и телецентрической оптической трубы 6. Теневые изображения получены путем обработки видеозаписей. Анализ изображений выполнен с использованием программного обеспечения Fast Video Lab. Нагрев образцов осуществлялся при помощи стеклокерамической плиты 7 от 80 °С до 400 °С с шагом 1 °С.

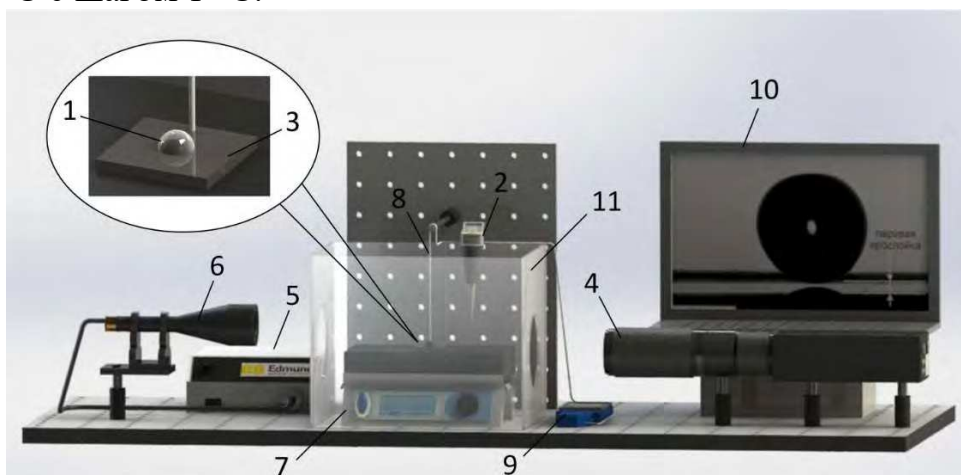


Рис. 1. Экспериментальная установка: 1 – капля; 2 – дозатор; 3 – образец; 4 – высокоскоростная видеокамера, оснащенная макрообъективом; 5 – источник света; 6 – телецентрическая оптическая труба; 7 – стеклокерамическая плита; 8 – термопара; 9 – контроллер; 10 – персональный компьютер; 11 – бокс

Температура поверхности образца металла контролировалась термопарой 8, подключенной к контроллеру 9. Контроллер подключен к персональному компьютеру 10. Погрешность измерения температуры не превышала $\pm 0,1$ °С. Температура Лейденфроста определялась по хорошо известному [3] условию формирования стабильной “паровой подушки” между каплей и поверхностью образца. На мониторе персонального компьютера 10 (рис. 1) приведено типичное изображение капли, зарегистрированное в проведенных исследованиях в условиях возникновения эффекта Лейденфроста. Случайная погрешность определения температуры Лейденфроста не превышала 7 %.

На рис. 2 приведены экспериментально установленные значения температур Лейденфроста (t , °C) на поверхностях алюминия и нержавеющей стали. Из рис. 2 видно, что путем модификации теплопередающих поверхностей нагрева типичных конструкционных металлов лазерным излучением наносекундной длительности можно осуществить смещение кризиса теплообмена (эффекта Лейденфроста) в область более высоких температур. Из рассматриваемых конфигураций текстур в виде соприкасающихся кратеров (с общими точками границ), микроканалов, микростолбиков и “цветной капусты” наибольшее смещение температуры возникновения кризиса теплообмена (точки Лейденфроста) в область больших температур зарегистрировано на поверхности с текстурой в виде “цветной капусты”. Для поверхности алюминия увеличение температуры составило 119° C, для поверхности нержавеющей стали 47° C. Очевидно, что рост температуры возникновения эффекта Лейденфроста обусловлен улучшением свойств смачиваемости и формирования развитой шероховатости. Большой прирост температуры на поверхностях алюминия по сравнению с нержавеющей сталью с одинаковым видом текстуры обусловлен тем, что на поверхности алюминия сформировалась более развитая шероховатость.

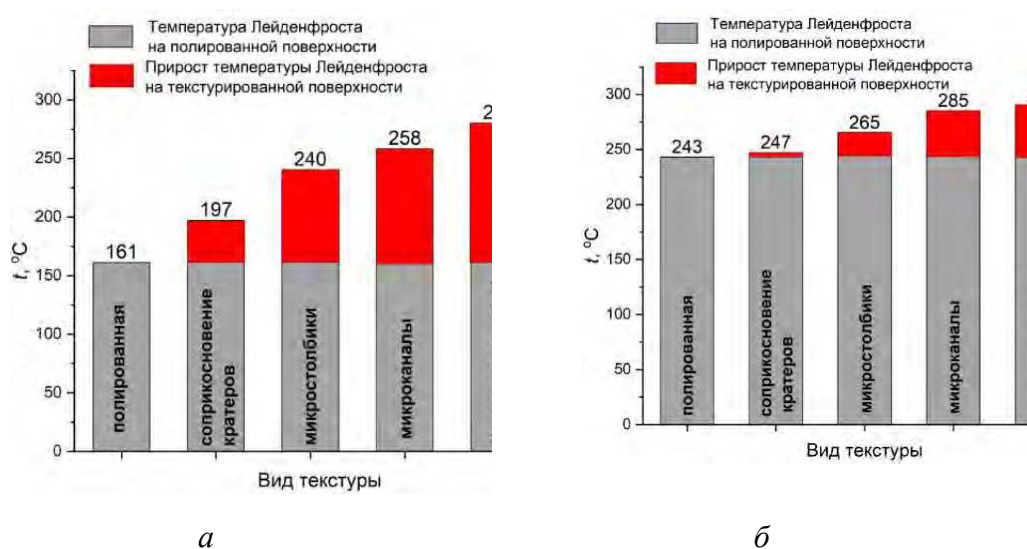


Рис. 2. Температура Лейденфроста.
Поверхности: алюминия (а); нержавеющей стали (б)

На рис. 3 приведены зависимости температуры Лейденфроста на поверхностях алюминия и нержавеющей стали от трехмерных параметров шероховатости.

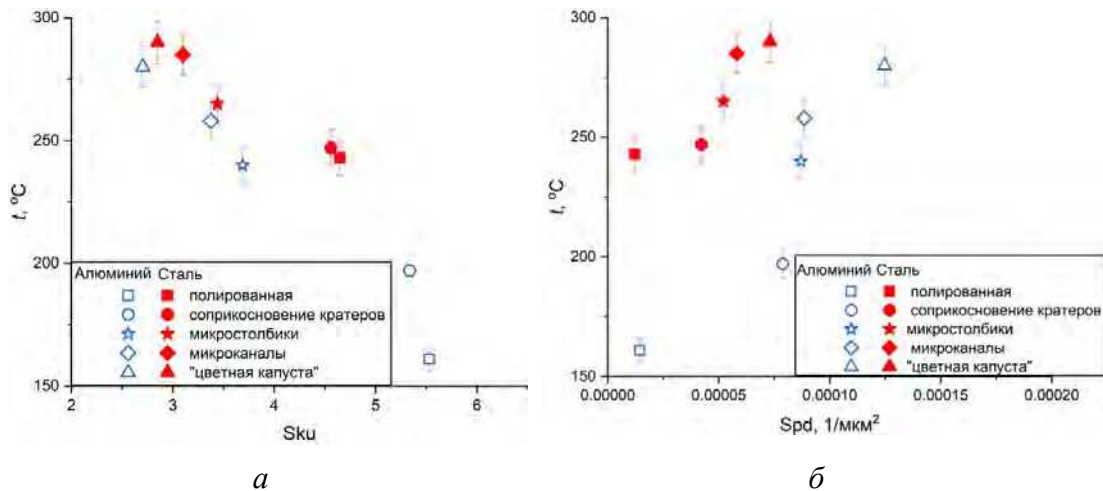


Рис. 3. Зависимости температуры Лейденфроста от трехмерных параметров шероховатости поверхностей алюминия и нержавеющей стали. Параметры шероховатости: Sku (а); Spd (б)

По результатам анализа рис. 2 и рис. 3 установлено, что лазерный способ обработки поверхностей металлов, используемых в качестве конструкционных материалов, например, при изготовлении поверхностей нагрева энергогенерирующих и теплопередающих устройств, является наиболее перспективным по сравнению с механической обработкой абразивными материалами, широко используемыми в настоящее время в машиностроении. Последнее обусловлено тем, что лазерная обработка поверхности металлов позволяет за счет формируемой текстуры в достаточно широких диапазонах значений управлять температурой Лейденфроста более чем 110°C на поверхности алюминия и более чем на 45°C на поверхности нержавеющей стали. Для смещения температуры Лейденфроста в область более высоких температур необходимо создавать развитую, многоуровневую шероховатость, характеризующуюся большим значением параметра Spd (характеризует число выступов на единицу площади поверхности) и параметром Sku (эксцесс) значением менее 3.

Полученные результаты могут быть использованы для текстурирования поверхностей теплообменных устройств, использующихся для отвода тепловых потоков высокой плотности, в которых в качестве рабочего тела выступает кипящая вода: охлаждение атомных реакторов, устройств микроэлектроники, в том числе в авиа- и космических технологиях, устройств охлаждения на базе термосифонов и тепловых труб.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00417, <https://rscf.ru/project/23-29-00417/>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Walker J. Boiling and the Leidenfrost Effect // *Physics Education*. – 1994. – Т. 10. – С. 1–4.
2. Rosky P.J. Exploring nanoscale hydrophobic hydration // *Faraday Discussions*. – 2010. – Т. 146. – С. 13–18.
3. Ajaev V.S., Kabov O.A. Levitation and Self-Organization of Drop-lets // *Annual Review of Fluid Mechanics*. – 2021. – Т. 53. – №. 14. – С. 203–225.

Авад Петер Адел Вахим (Египет)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Мамонова Татьяна Егоровна,
канд. техн. наук, доцент

ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Введение

С растущим населением и увеличивающимся спросом на энергию вопросы энергетики становятся глобальной проблемой. В результате возникает всё более широкое глобальное движение в сторону более устойчивых и возобновляемых источников энергии. Однако многие страны испытывают трудности в освоении этих ресурсов и разработке чётких планов для устойчивого производства энергии. Египет - одна из таких стран, сталкивающаяся с энергетическими проблемами из-за растущего населения и отсутствия чётких планов для производства возобновляемой энергии. Также в стране существуют проблемы с качеством внутренней среды, особенно в общественных зданиях. Однако потенциальным решением этих проблем является "Платформа для генерации электроэнергии с использованием энергии, полученной от движения ног". Эта инновационная технология использует пьезоэлектрические материалы для преобразования механического напряжения, вызываемого движением ног, в электрическую энергию. Электроэнергия, производимая этой платформой, может использоваться для питания малых электронных устройств и датчиков в различных местах, включая городские районы, транспорт и промышленные объекты. Внедрение этой технологии позволило бы Египту решить проблемы энергетики и улучшить качество внутренней среды в общественных зданиях одновременно.