

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СДВИГА КРИЗИСА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАПЕЛЬНЫМ ОРОШЕНИЕМ

Д.С. Козловский, Е.Ю. Лага

Томский политехнический университет,
ИШФВП, гр. ОБМ31

Научный руководитель: Д.В. Феоктистов, к.т.н., доцент ИШФВП ТПУ

Создание конструкционных материалов с управляемыми функциональными свойствами является актуальной проблемой современности. Последнее связано с растущими потребностями в таких материалах для ряда промышленных отраслей: теплоэнергетика, машиностроение, авиация, судостроение, нефтехимическое производство и др. Известно [1], что традиционные способы обработки материалов (металлы и их сплавы), например, механическая обработка абразивными материалами, не позволяет решить некоторые задачи, в частности, интенсифицировать процесс охлаждения нагретых поверхностей различных устройств и аппаратов. Поэтому на смену традиционным способам приходят современные перспективные технологии – лазерный способ обработки поверхностей. Последний зарекомендовал себя как низко затратный, безотходный и простой способ формирования текстуры материалов и изменения химического состава их приповерхностного слоя. Кроме того, такая обработка позволяет управлять смачиванием поверхностей в широких диапазонах варьирования статического контактного угла [2]. Однако малоизученным остается направление исследования кризисов кипения, в частности эффект Лейденфроста (частный случай пленочного кипения для капли жидкости), на поверхностях, текстура которых модифицирована лазерным излучением.

В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования эффекта Лейденфроста для капли воды на поверхностях алюминиевого сплава и стали, текстура которых модифицирована лазерным излучением.

В качестве образцов использовались пластины из алюминиевого сплава (АМг-3) и нержавеющей стали (ASTM A 240/A 240M 430) размерами 50,0×50,0×1,0 мм и 50,0×50,0×0,5 мм, соответственно. Текстура формировалась на поверхностях образцов лазерным излучением с помощью иттербиевого импульсного волоконного лазера. Обработка выполнялась в лабораторных условиях.

Возникновение эффекта Лейденфроста исследовалось на специально собранной установке (рис. 1). Капля 1 воды с помощью электронного дозатора 2 размещалась на поверхности исследуемого образца 3, нагретого до установленной температуры. Процесс регистрировался с использованием оборудования теневой оптической системы: высокоскоростная видеокамера 4, источник света 5 и телецентрическая труба 6. Стеклокерамическая плита 7 использовалась для нагрева образцов.

Температуры Лейденфроста, зарегистрированные на поверхностях алюминиевого сплава и нержавеющей стали для капли воды объемом 5 мкл, представлены на рис. 2. Установлено, что на модифицированных поверхностях лазерным излучением (сталь, алюминиевый сплав) эффект Лейденфроста возникает при более высоких температурах по сравнению с полированными поверхностями тех же материалов. Однако величина сдвига температуры возникновения эффекта Лейденфроста зависит от конфигурации текстуры. При этом, наибольшая величина сдвига (119 °С на поверхности алюминиевого сплава, 47 °С на поверхности стали) обнаружена для текстуры в виде «цветной капусты». Сделан вывод о том, что помимо изменения текстуры (увеличение площади контакта жидкости и твердого тела), также определяющим фактором является супергидрофильность сформированных текстур. При этом на алюминиевом сплаве текстура более развитая, достигается большая шероховатость.

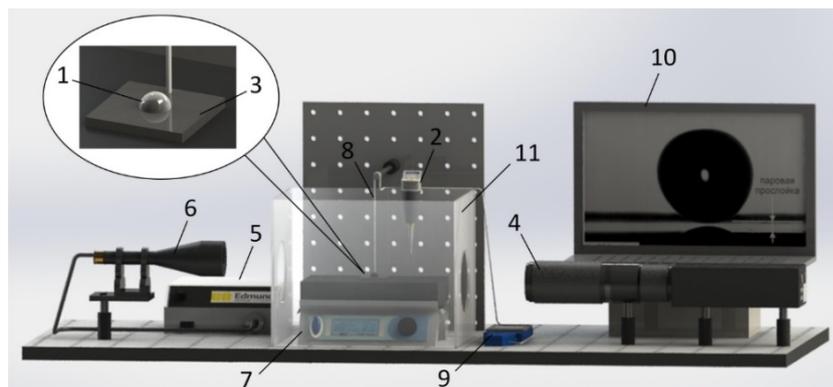


Рис. 1. Экспериментальная установка:

1 – капля; 2 – дозатор; 3 – образец; 4 – видеокамера с макрообъективом; 5 – источник света; 6 – телецентрическая оптическая труба; 7 – стеклокерамическая плита; 8 – термопара; 9 – контроллер; 10 – персональный компьютер; 11 – бокс

Таким образом, можно сделать вывод о том, что наряду с традиционными способами обработки конструкционных материалов (абразивная обработка, полировка), лазерное излучение также может быть использовано в качестве обработки поверхностей металлов и сплавов. Причем, такой способ обработки показывает возможности сдвига кризиса теплообмена в область более высоких температур. Показана возможность управления возникновением эффекта Лейденфроста на поверхностях алюминиевого сплава и стали.

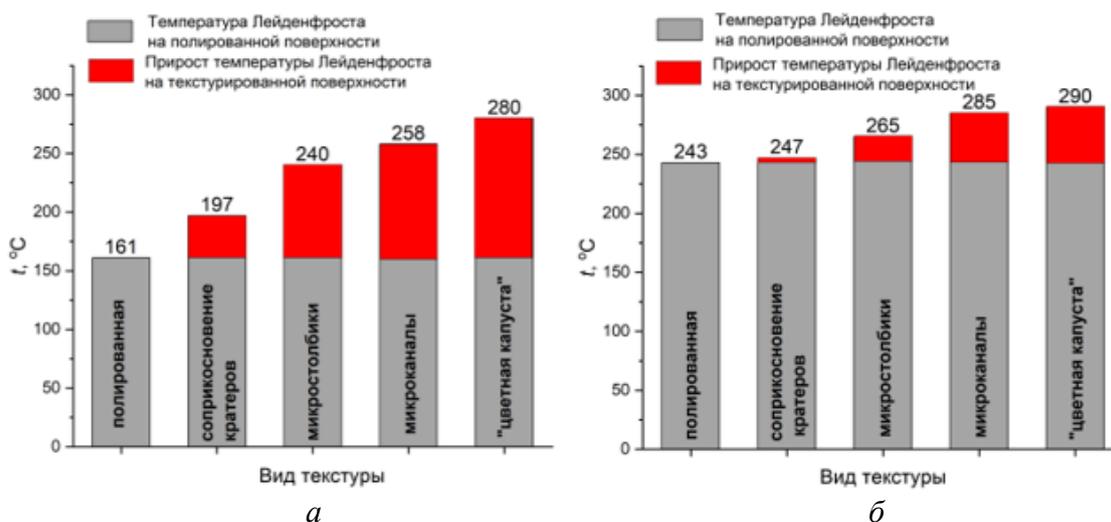


Рис. 2. Температура Лейденфроста на поверхностях алюминиевого сплава (а), нержавеющей стали (б)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта 23-29-00417, <https://rscf.ru/project/23-29-00417/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wachters L.H.J., Westerling N.A.J. The heat transfer from a hot wall to impinging mist droplets in the spheroidal state // Chemical Engineering Science. – 1966. – V. 21. – Iss. 12. – P. 1231–1238.
2. Ignition and combustion characteristics of coal-water-oil slurry placed on modified metal surface at mixed heat transfer / D.V. Feoktistov, D.O. Glushkov, G.V. Kuznetsov et al. // Fuel Processing Technology. – 2022. – V. 233. – P. 107291.
3. Expanding the scope of SiC ceramics through its surface modification by different methods / D.V. Feoktistov, G.V. Kuznetsov, A.A. Sivkov et al. // Surface and Coatings Technology. – 2022. – V. 435. – P. 128263.