

ций № 3, 4, 5 по сравнению с № 1. На рис. 2, б. представлена зависимость содержания оксида углерода при сжигании исследуемых составов. Анализ экспериментальных данных показал, что при добавлении концентрации воды уменьшается содержание CO. Установлено, что при добавлении присадок увеличивают выбросы CO на 1,21, 1,5 и 0,85 % для составов № 3, 4, 5 при $T_g = 800$ °C относительно № 2. Но при сопоставлении данных с необходимым мазутом определено, что добавление присадок позволяет снизить выбросы CO на 14,36, 14,16 и 17,61 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Darbandi M., Fatin A., Bordbar H. Numerical study on NOx reduction in a large-scale heavy fuel oil-fired boiler using suitable burner adjustments // *Energy*. – 2020. – Vol. 199. – P. 117371.
2. Zhong W. et al. Features and evolution of international fossil fuel trade network based on value of energy // *Appl. Energy*. – 2016. – Vol. 165. – P. 868–877.
3. Abdul Jameel A.G. et al. Calculation of Average Molecular Parameters, Functional Groups, and a Surrogate Molecule for Heavy Fuel Oils Using 1H and 13C Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy // *Energy & Fuels*. American Chemical Society. – 2016. – Vol. 30, № 5. – P. 3894–3905.
4. Goldstein H.L., Siegmund C.W. Influence of heavy fuel oil composition and boiler combustion conditions on particulate emissions // *Environ. Sci. Technol.* American Chemical Society. – 1976. – Vol. 10, № 12. – P. 1109–1114.
5. Sippula O. et al. Comparison of particle emissions from small heavy fuel oil and wood-fired boilers // *Atmos. Environ.* – 2009. – Vol. 43, № 32. – P. 4855–4864.
6. Huang H. et al. Effects of pine oil additive and pilot injection strategies on energy distribution, combustion and emissions in a diesel engine at low-load condition // *Appl. Energy*. – 2019. – Vol. 250. – P. 185–197.
7. Poullikkas A. Cost-benefit analysis for the use of additives in heavy fuel oil fired boilers // *Energy Convers. Manag.* – 2004. – Vol. 45, № 11. – P. 1725–1734.
8. Saha D., Roy B. Influence of areca nut husk nano-additive on combustion, performance, and emission characteristics of compression ignition engine fuelled with plastic-grocery-bag derived oil-water-diesel emulsion // *Energy*. – 2023. – Vol. 268. – P. 126682.
9. Manufacture of high-efficiency multifunctional fuel oil additive // *Fuel Energy Abstr.* – 2002. – Vol. 43, № 1. – P. 24.
10. 99/01042 Fuel oil additives: Tsuru, S. Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 10 158,665 [98 158,665] (Cl. C10L1/24), 16 Jun 1998, Appl. 96/331,461, 26 Nov 1996, 4 pp. (In Japanese) // *Fuel Energy Abstr.* – 1999. – Vol. 40, № 2. – P. 109.
11. Klimenko A., Shlegel N.E., Strizhak P.A. Breakup of colliding droplets and particles produced by heavy fuel oil pyrolysis // *Energy*. – 2023. – Vol. 283. – P. 128480.

НОВЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ЭКСТРЕМАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ СМАЧИВАЕМОСТИ

А.В. Дорожкин, С.П. Бондарчук, Г.Е. Котельников

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, гр. 5БМ24*

Научный руководитель: Е.Г. Орлова, к. ф.-м. н., доцент НОЦ И.Н. Бутакова

Исследование процессов взаимодействия жидкости с твердыми поверхностями актуально в связи с тем, что в последнее время появляются новые методы модификации твердых поверхностей, в результате чего значительно меняются их приповерхностные свойства, в том числе и смачивание. Наиболее популярным и многообещающим является направление создания поверхностей с супергидрофобными свойствами. В энергетике такие поверхности имеют достаточно высокую потребность, а вызвано это с уникальными свойствами таких поверхностей: устойчивость к абразивному износу, обледенению, коррозии, скольжению жидкости у гидрофобного слоя [1]. Известные на сегодняшний день методы получения супер-

гидрофобных поверхностей (dip-coating, spin-coating, адсорбция из растворов или паров, испаряющейся капли [2]) достаточно дорогостоящие и трудно масштабируются под промышленные объемы. Целью настоящей работы является создание нового подхода к созданию поверхностей с экстремальными свойствами смачивания.

Исследования проводились на пластинах размерами 15,0×15,0×1,2 мм, изготовленных из алюминий-магниевого сплава АМГ-2М. Химический состав АМГ-2М: Al – 95,7–98,2 %, Mg – 1,7–2,4 %, Fe – <0,5 %, Mn – 0,1–0,5 %, Si – <0,4 %, Cu – <0,15 %, Ti – <0,15 %. Разработанный подход к созданию материалов с экстремальными свойствами смачивания (супергидрофобность) базировался на текстурировании поверхности образцов с использованием лазерной системы на базе иттербиевого импульсного волоконного лазера IPG Photonics (длина волны 1064 нм) и последующей процедуре гидрофобизации. Перед гидрофобизацией образцы очищались в ультразвуковой ванне с использованием этилового спирта и дистиллированной воды. Процедура гидрофобизации представляет собой распыление углеводородсодержащей жидкости (трансформаторное масло) на нагретый до определенной температуры образец в муфельной печи.

Свойства смачивания исследовались на установке, в которой реализована теневая оптическая методика [3]. Свойства смачивания определялись по величине статического контактного угла по теневым изображениям капли дистиллированной воды объемом 5 мкл.

Измеренные статические контактные углы на полированных образцах АМГ-2М составили 86,3° (рис. 1). Непосредственно после гидрофобизации, поверхности демонстрировали супергидрофобные свойства и угол составлял больше 165° (рис. 1).

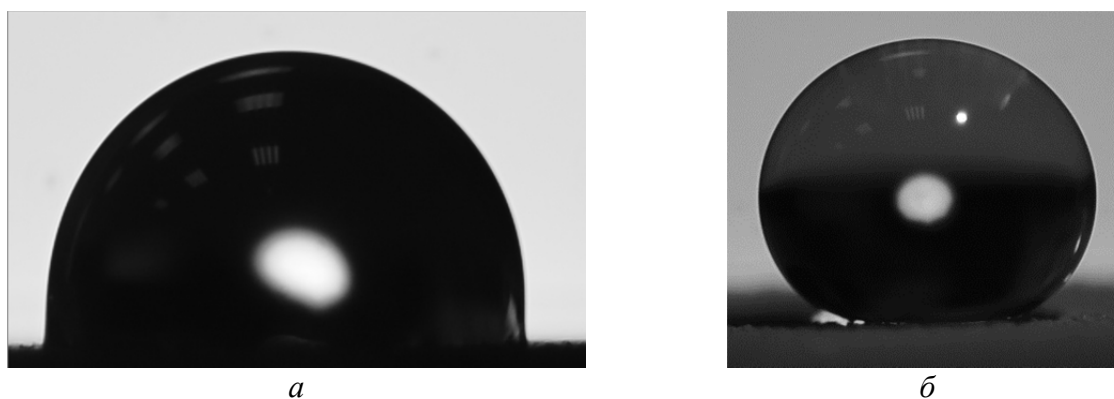


Рис. 1. Типичное теневое изображение капли воды для измерения статического контактного угла: а) на полированной поверхности; б) на супергидрофобной поверхности

Гидрофобизация образцов выполнялась в следующей последовательности. Предварительно текстурированный и очищенный образец помещался на держатель и вводился в трубчатую печь LF-50/500-1200 (LOIP, Россия), нагретую до 920 °С. На закрепленную каретку помещался образец с термопарой типа К (хромель-алюмель) и с помощью модуля линейного перемещения СТМЛ-1 (Сервотехника, Россия) образец перемещался в печь. После нагрева образец вынимался из печи и на его поверхность распылялось масло. Длительность и объем распыляемого масла контролировалось электромагнитным клапаном (SAILFLO, Китай) в паре с модулем реле времени (ХУ-j02, Россия). Время нахождения образца в печи и температура внутри печи оставались постоянными, варьировалось время распыления масла на поверхность образца.

Исследование показало, что увеличение времени распыления масла с 1,5 до 2,5 с увеличивает контактный угол. Изменение статического угла при рассматриваемых параметрах варьировалось от 135° (при 1,5 с распыления) до 172° (при 2,5 с распыления). При увеличении

длительности распыления больше 2,5 с, процедура гидрофобизации проходила нестабильно, так как образец перенасыщался маслом, и имел маслянистый остаток на поверхности. Недостаток масла наблюдался при длительности распыления меньше 1,5 с, из чего следует, что образец оставался гидрофильным.

Таким образом, по результатам проведенных исследований установлены параметры гидрофобизации (время распыления, температура нагрева образцов, длительность нагрева), позволяющие получить поверхности алюминийево-магниевого сплава с супергидрофобными свойствами. Полученные материалы с уникальными функциональными свойствами в дальнейшем будут исследованы на долговечность покрытия, коррозионную стойкость, стойкость к кавитационным и абразивным износам для установления возможности их дальнейшего применения при конструировании теплообменных аппаратов и систем капельного охлаждения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-73-10245, (<https://rscf.ru/project/21-73-10245/>)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О важности подбора режима гидрофобизации для получения стойких супергидрофобных покрытий / Е.А. Кузина, Ф.Ш. Омран, А.М. Емельяненко, Л.Б. Бойнович // Коллоидный журнал. – 2023. – Т. 85. – № 1. – С. 63–67.
2. Гидрофобные материалы и покрытия: принципы создания, свойства и применение / Л.Б. Бойнович, А.М. Емельяненко // Успехи химии. – 2008. – Т. 77. – № 7. – С. 619–638.
3. Droplet Spreading and Wettability of Abrasive Processed Aluminum Alloy Surfaces / G.V. Kuznetsov, E.G. Orlova, D.V. Feoktistov, A.G. Islamova, A.V. Zhuikov // Met. Mater. Int. – 2020. – V. 26. – P. 46–55.

ХАРАКТЕРИСТИКИ И УСЛОВИЯ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ВЛАЖНЫХ УГОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ В УСЛОВИЯХ, СООТВЕТСТВУЮЩИХ ТОПКАМ ПАРОВЫХ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

Ж.А. Косторева, А.А. Омаров, С.В. Сыродой

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, АЗ-11*

Научный руководитель: Г.В. Кузнецов, д.ф.-м.н., профессор НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Одним из перспективных вариантов существенного снижения выбросов антропогенных оксидов в атмосферу при горении углей является сжигание последних в составе водоугольных суспензий, которые принято называть водоугольным топливом (ВУТ) [1]. Установлено, что при сжигании таких топлив существенно снижаются выбросы антропогенных оксидов на единицу массы угля [2]. Сформулирована гипотеза о механизме подавления оксидов серы и азота в результате взаимодействия паров воды с газообразными и твердыми продуктами термического разложения углей [3]. Но при сжигании водоугольных топлив теплотворная способность такого топлива существенно ниже теплотворной способности обычного угля. Поэтому высокозначимой для науки и практики является задача перехода от водоугольных суспензий к влажным углям. В этом случае при влажности 10–15 % возможно достижение существенно более высокой теплотворной способности топлива по сравнению с ВУТ, при сохранении таким топливом способности подавлять антропогенные оксиды. Использование