

Установлено, что в условиях изготовления керамики SiC методом искрового плазменного спекания увеличение температуры спекания с 1600 до 1800 °С позволяет получить более стойкую керамику к хрупкому разрушению в результате абразивного износа, увеличить долю кислорода и уменьшить долю углерода в элементном составе приповерхностного слоя. Показано, что модификация поверхности SiC лазерной обработкой позволяет уменьшить шероховатость и создать однородную разноуровневую текстуру без локальных областей аморфного углерода, улучшить свойства смачиваемости, уменьшить гистерезис контактного угла.

Использование комбинации методов обработки поверхности «абразивным материалом», «абразивным материалом + наносекундным лазерным излучением» позволяет изменить свойства смачивания субмикронной керамики SiC в широких диапазонах изменения контактных углов от 9° (гидрофильные свойства) до 135° (гидрофобные свойства). Последнее позволяет значительно расширить область применения керамики SiC, где необходимо контролировать и управлять свойствами смачивания, например, в системах охлаждения на базе капельного орошения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда 21-73-10245 (<https://rscf.ru/project/21-73-10245/>).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Microstructuring the surface of silicon carbide ceramic by laser action for reducing friction losses in rolling bearings / S.P. Murzin, V.B. Balyakin // Optics and Laser Technology. – 2017. – P. 96-98.
2. Recent progress in Axisymmetric Drop Shape Analysis (ADSA) / M. Hoorfar, W. Neumann // Advances in Colloid and Interface Science. – 2006. – P. 25–49.
3. A high-accuracy polynomial fitting approach to determine contact angles / A. Bateni, S.S. Susnar, A. Amirfazli, A.W. Neumann // Colloids Surfaces A Physicochem Eng Asp 219. – 2003. – P. 215–231.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАЖИГАНИЯ И ГОРЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТОПЛИВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

К.А. Карташова, Д.С. Романов, Г.С. Няшина

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, гр. 5БМ33*

Научный руководитель: К.Ю. Вершинина, к.ф.-м.н., доцент ИШФВП ТПУ

Добыча сырой нефти и ее дальнейшая переработка в нефтепродукты сопровождается образованием и накоплением нефтешламов, представляющих собой смеси сырой нефти легких и тяжелых фракций, механических примесей (чаще всего в виде глины, песка, минеральных частиц, щелочноземельных металлов) и воды. Средняя скорость формирования нефтешламов в мире составляет не менее одного миллиарда тонн в год и продолжает расти [1]. Высокие концентрации углеводородов и тяжелых металлов в нефтешламах вызывают загрязнение почвы и подземных вод, а также загрязнение воздуха летучими нефтяными углеводородами [2]. На сегодняшний день существует несколько методов переработки нефтешламов, основными из которых являются термохимическими, в частности, пиролиз, сжигание и газификация.

Цель настоящей работы – экспериментальное определение характеристик зажигания и горения композиционных топлив на основе нефтешлама и различных добавок.

Используемый нефтешлам содержал около 30 % воды и 15 % механических примесей. Добавками к нефтешламу являлись спирт, дизельное топливо и вода с массовыми долями в итоговой смеси от 5 до 15 %. На рис. 1 представлена схема экспериментального стенда. Сжигание капель (начальный средний размер 2 мм) композиционных топлив выполнялось в горизонтальной электрической печи Nabertherm R 50/250/13 (диапазон варьирования температуры 20–1200 °С; температура регулировалась по сигналу встроенной термопары типа S). Диапазон температур нагрева в эксперименте составлял 600–750 °С. Времена задержки газофазного зажигания, а также длительности горения капель топлива определялись при помощи высокоскоростной камеры Phantom Miro C110 (разрешение 800×600 пикселей, скорость съемки 1000 кадр/с). Координатный механизм обеспечивал перемещение держателя с каплей топлива в печь. Для управления движением координатным механизмом, управления видеорегистрацией использовался персональный компьютер.

Смеси на основе отхода нефтедобычи при нагреве характеризовались двумя типичными этапами. Первый этап является эндотермическим, включает испарение воды, горючих компонентов (фракции нефти, добавка), в результате чего вокруг капли формируется парогазовая оболочка; второй этап – зажигание парогазовой оболочки и дальнейшее гомогенное выгорание горючих компонентов.

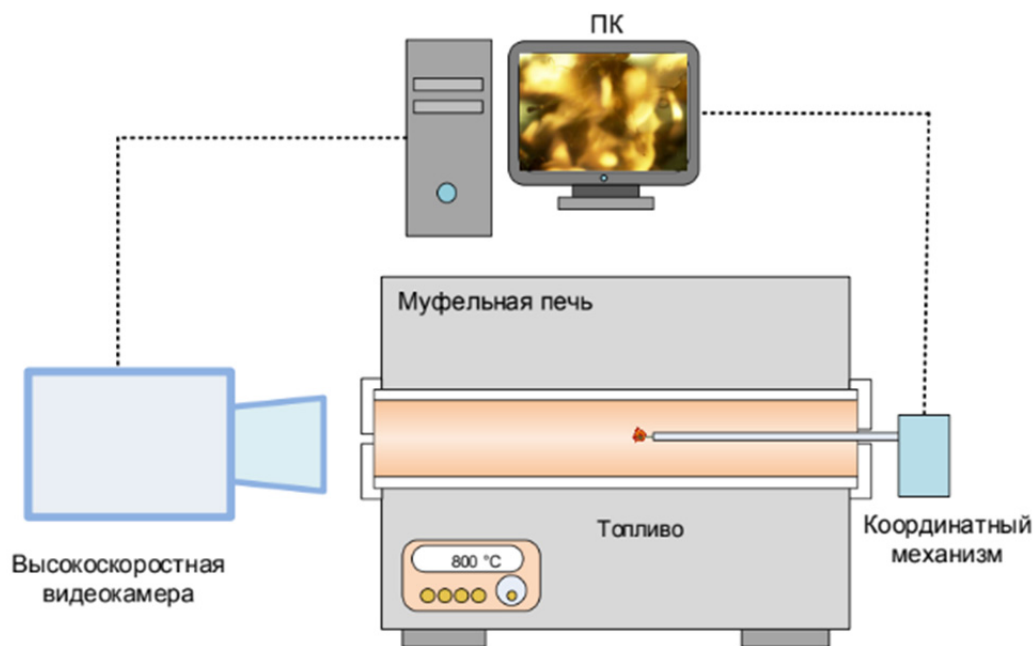


Рис. 1. Схема экспериментального стенда

На рис. 2 представлены зависимости времен задержки зажигания и длительностей горения капель топливных смесей на основе нефтешлама с добавками дизельного топлива, спирта и воды от температуры в камере сгорания. Установлено, что топливные композиции с добавкой дизельного топлива (рис. 2, а, б) характеризуются меньшим временем задержки воспламенения, чем топливная смесь «100 % нефтешлам». Соответствующее отличие варьировалось в диапазоне 20–50 % в зависимости от температуры в камере сгорания и содержания используемой добавки. Также при анализе видеоклипов эксперимента определены несколько характерных режимов взаимодействия капли с окислителем, при которых наблюдается фрагментация капель топлива (puffing) и микровзрыв (micro-explosion).

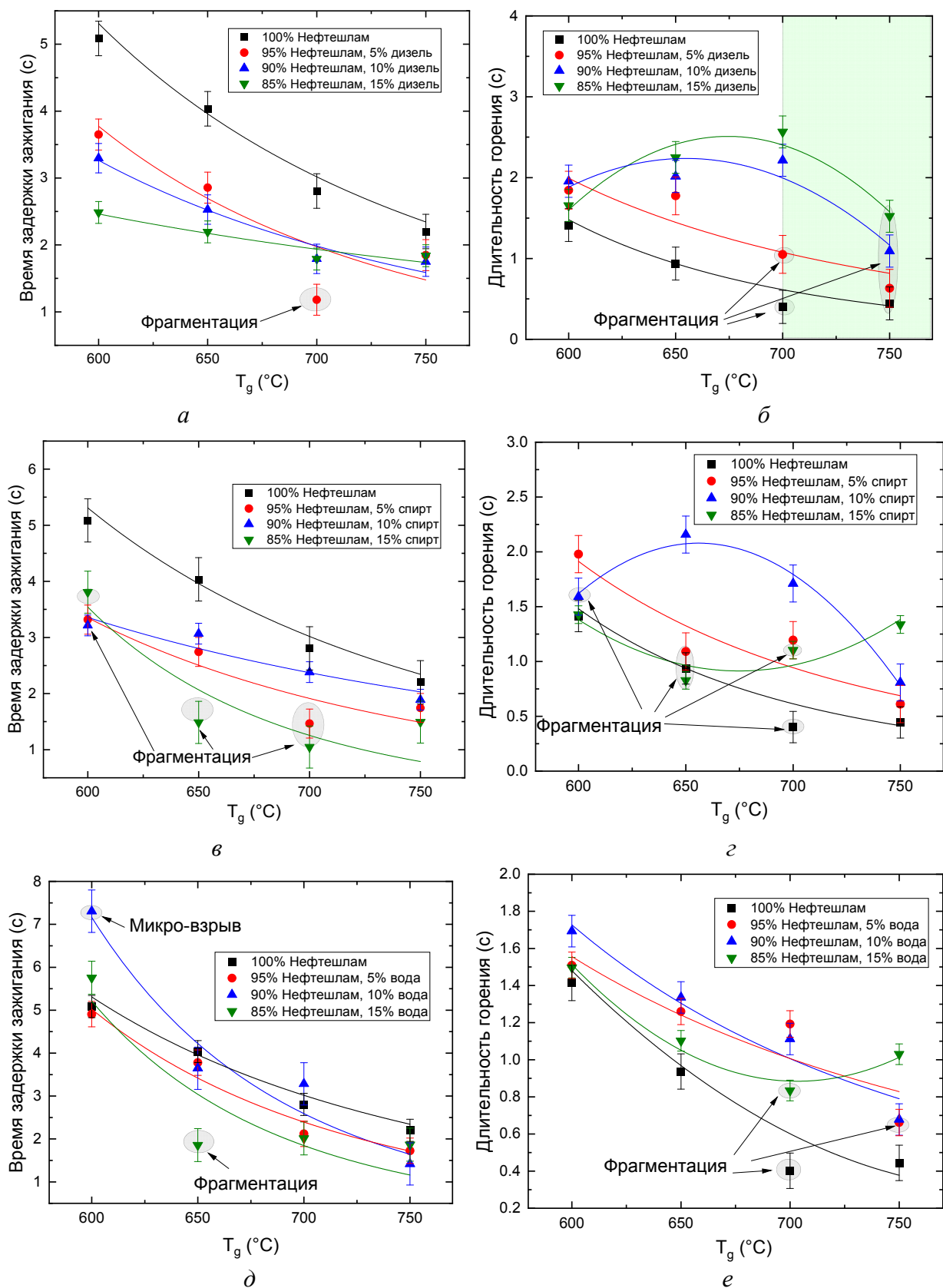


Рис. 2. Зависимости времени задержки зажигания и длительности горения капель топливных смесей на основе нефтешлама с добавками дизеля (а, б); спирта (в, г); воды (д, е) от температуры в камере сгорания

Кроме длительности инициирования горения, дополнительные компоненты могут оказывать влияние на продолжительность горения. При добавлении дизельного топлива с концентрацией 10–15 % мас. регистрировалось увеличение длительностей горения капель топлива, обусловленное увеличением полноты выгорания топливных образцов. В диапазоне 600–700 °С наблюдалась тенденция, связанная с увеличением времени горения капель топливных смесей. После 700 °С длительность горения топливных композиций добавками дизельного топлива (доли 10 и 15 %) снижалось за счет интенсивной фрагментации капли после зажигания, связанной с вскипанием компонентов. Для всех топливных композиций с добавкой дизельного топлива регистрировалось увеличение длительности горения капли по сравнению с топливной смесью «100 % нефтешлам» на 20–80 % в зависимости от температуры в камере сгорания. Данный результат связан с тем, что увеличение температуры позволяет добиться снижения доли несгоревшего топлива и сажеобразования в камере сгорания.

Использование спирта позволяет интенсифицировать зажигание топливных композиций на основе нефтешлама. Метиловый спирт ускорял процесс воспламенения капель топлива, в среднем, на 20–40 % в зависимости от температуры в камере сгорания (рис. 2, в, г). При горении капля топливной смеси может фрагментировать с образованием вторичных фрагментов. Эффект существенно влияет на времена выгорания, интенсифицирует теплоперенос в системе топливо-воздух и способствует улучшению условий подвода окислителя к топливу.

На рис. 2, д, е представлены временные характеристики горения капель топливных смесей с разной долей воды. Для всех топливных смесей регистрировалось характерное снижение как длительностей горения, так и времени задержки воспламенения капель при увеличении температуры в камере сгорания от 600 до 750 °С на 50–80 %. Также в ходе экспериментов было отмечено, что фрагментация капель топливных смесей может происходить как на этапе прогрева, так и в процессе горения образцов. Для топливной композиции «85 % нефтешлам, 15 % вода» фрагментация регистрировалась при температуре 650 °С, на всех остальных температурах воспламенение происходило без фрагментации. Однако при увеличении температуры регистрировалась фрагментация в процессе горения т.е. после воспламенения капли топлива.

Исследование выполнено за счет гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение №075-15-2020-806 (договор №13.1902.21.0014).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Enhancing the biodegradation of total petroleum hydrocarbons in oily sludge by a modified bioaugmentation strategy / R.A. Tahhan, T.G. Ammari, S.J. Goussous, H.I. Al-Shdaifat // *International Biodeterioration & Biodegradation*. – 2011. – V. 65. – P. 130–134.
2. Experimental investigation on smoldering combustion for oil sludge treatment: Influence of key parameters and product analysis / Z. Gan, Ch. Zhao, Yu. Li, G. Chen, Zh. Song, Zh. Zhang, W. Ran // *Fuel*. – 2022. – V. 316.