

Рис. Дифракционный спектр порошка CuS<sub>4</sub>, полученного из раствора, содержащего CuSO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>OH, N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>CS и NaOH, при pH = 9.7.

Установлено, что метод химического осаждения из водных растворов позволяет получать наноструктурированный CuS. В дальнейшем планируется изучить влияние сульфидизатора на морфологию и структуру сульфида меди, также планируется изучить кинетические закономерности реакции образования CuS в водных растворах N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>CS.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Проект № 16-03-00566).*

1. Pal M., Mathews N. R. et al., J. Nanopart. Res., 17, 301 (2015).
2. Кожевникова Н.С., Ворох А.С., Урицкая А.А. Успехи химии, 84, 3, 225 (2015).

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И РАСЧЁТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОЧНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ В ОДНОСТУПЕНЧАТОМ ГАЗИФИКАТОРЕ С КВЕНЧИНГОМ**

Абаимов Н.А.<sup>\*</sup>, Никитин А.Д., Ральников П.А., Рыжков А.Ф.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nick.sum41@mail.ru](mailto:nick.sum41@mail.ru)

## **EXPERIMENTAL AND CALCULATION INVESTIGATION OF ENTRAINED-FLOW GASIFICATION IN SINGLE-STAGE GASIFIER WITH QUENCHING**

Abaimov N.A.<sup>\*</sup>, Nikitin A.D., Ralnikov P.A., Ryzhkov A.F.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Purpose of paper is to determine extent and mechanisms of water vapor supply effect on synthesis gas temperature and composition. To reveal gasification regularities several experiment series were carried out using gasifier with water quenching section. Thermodynamic equilibrium calculations were performed to determine amount of reacted vapor and fuel carbon. CFD-model was verified using experimental data. CFD-modeling is carried out for analysis of processes features in the quenching section.

Полезные ископаемые используются человеком для получения энергии и химических веществ уже не первое столетие. Среди трёх основных ископаемых: природного газа, нефти и угля, первые два наиболее пригодны для использования в промышленности. Однако большая стоимость и ограниченное количество

нефти и газа стимулируют интенсивный переход к использованию угля. Одним из наиболее эффективных способов применения угля (и другого твёрдого топлива) является газификация, в результате которой получается синтез-газ, который далее используют в качестве химического сырья или энергетического топлива в парогазовых установках с внутрицикловой газификацией (ПГУ-ВЦГ).

Основная задача газификатора – производство синтез-газа требуемой теплоты сгорания и состава. Соотношение горючих компонент  $H_2/CO$  в синтез-газе является фактором, определяющим особенности использования такого синтез-газа. Повышенное отношение  $H_2/CO$  необходимо в случаях захоронения  $CO_2$ , снижения образования топливных оксидов азота в камерах сгорания и ряде других случаев. Основным механизмом увеличения отношения  $H_2/CO$  является проведение прямой реакции сдвига водяного газа:



Для смещения равновесия реакции (1) вправо синтез-газ смешивают с большим количеством водяного пара и, согласно принципу Ле Шателье-Брауна, концентрации  $CO_2$  и  $H_2$  возрастают, а  $CO$  и  $H_2O$  - снижаются.

В УрФУ разрабатывается двухступенчатый поточный паровоздушный газификатор каменного угля для ПГУ-ВЦГ с подачей пара во вторую ступень газификатора. Для выявления закономерностей процесса паровоздушной газификации в НПО ЦКТИ были проведены несколько серий экспериментов на газификаторе с секцией водяного квенчинга [1].

Целью данной работы является определение степени и механизмов влияния подачи водяного пара на температуру и состав синтез-газа.

Для достижения этой цели решены следующие задачи:

- 1) проведены термодинамические равновесные расчёты для определения количества прореагировавшего водяного пара и углерода топлива;
- 2) выполнена верификация CFD-модели [2] с использованием полученных экспериментальных данных;
- 3) осуществлено CFD-моделирование для анализа аэродинамических и кинетических особенностей протекания процессов в секции квенчинга.

В результате термодинамических расчётов установлен диапазон степени конверсии углерода – 70-90% и количество прореагировавшего пара – 0,2 кг на кг угля. Верификация CFD-модели показала её пригодность для моделирования такого рода задач. Проведённое CFD-моделирование позволило установить траекторию движения водяного пара – часть пара, подхваченная обратным течением синтез-газа, попадает в камеру газификации, где происходит его интенсивное реагирование.

*Исследование выполнено в Уральском федеральном университете за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-00524).*

1. Abaimov N.A., Osipov P.V. et al., J. of Phys.: Conf. Series, 754(11), 112001 (2016).
2. Chernetskiy M.Y., Kuznetsov V.A. et al., Thermophysics and Aeromechanics, 23(4), pp. 591-602 (2016).

## **ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ МНОГОФАЗНОГО МАТЕРИАЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Смирнов В.А.<sup>1\*</sup>, Яковлев Г.А.<sup>2</sup>, Петрова Е.В.<sup>2</sup>

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [smirnov.life@yandex.ru](mailto:smirnov.life@yandex.ru)

## **FORMATION OF THE MICROSTRUCTURE OF MULTIPHASE MATERIAL UNDER THE ACTION OF HIGH-INTENSITY LASER RADIATION**

Smirnov V.A.<sup>1</sup>, Yakovlev G.A.<sup>2</sup>, Petrova E.V.<sup>2</sup>

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

We studied the structure of the crust melting of fragments of the Chelyabinsk LL5 meteorite using optical and electron microscopy.

Все метеориты на больших скоростях проходят сквозь слои земной атмосферы. В результате аэродинамической нагрузки формируется микроструктура многофазного материала. Задержавшийся на поверхности метеорного тела тонкий расплавленный слой метеоритного вещества затвердевает, образуя тонкую оболочку, называемую корой плавления. Этот процесс протекает очень быстро, на протяжении десятых долей секунды. Целью данной работы является изучение микроструктуры коры плавления метеорита Челябинск.

Фазовый состав образцов был определен с помощью дифрактометра общего назначения ДРОН-3 методом порошков с использованием медного монохроматического излучения. Установлено, что доминирующими фазами исследуемых метеоритов являются минералы группы пироксенов  $(\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca})\text{Si}_2\text{O}_6$ , апатит  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{X}, \text{Cl})$  и оливин  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$ . Присутствуют также камасит  $\alpha\text{-Fe}(\text{Ni}, \text{Co})$ , тэнит  $\gamma\text{-Fe}(\text{Ni}, \text{Co})$ , троилит  $\text{FeS}$ , хромит  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  и магнетит  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Поверхность аншлифов метеоритов исследовали на оптическом микроскопе ZEISS Axiovert 40 MAT и сканирующем электронном микроскопе FE-SEM ZEISS SIGMA VP (с использованием энергодисперсионной приставки).

Металлические зерна метеорита Челябинск представлены камаситом и тэнитом, соседствующие с зернами троилита. В ряде металлических зерен исследованных образцов обнаружены включения самородной меди на границе ассоциаций металл-троилит, сформированных при распаде твердого раствора тэнита [2], рис.1.