

**Федоров Михаил Владимирович**

инженер

**Васильева Мария Ильинична**

канд. техн. наук, старший научный сотрудник

ФГБУН «Институт физико-технических проблем

Севера им. В.П. Ларионова» СО РАН

г. Якутск, Республика Саха (Якутия)

DOI 10.21661/r-555591

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ ПРИ СПЕКАНИИ ДО 1450°С УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА ШПИНЕЛИ МАГНИЯ**

***Аннотация:** порошки шпинели магния использованы в качестве добавок в состав порошковой шихты для изготовления опытных образцов буровых коронок. При формировании структуры опытных образцов установлено, что введенные добавки способствуют удержанию роста карбидных зерен. Данная статья посвящена исследованию процессов при спекании порошков шпинели магния в интервалах температур до 1450°С. Методом термического анализа выявлены изменения характеристик ультрадисперсных порошковых добавок шпинели магния в установленные температурные интервалы.*

***Ключевые слова:** порошок шпинели магния, термический анализ, эндо-термический процесс.*

В научных литературах неоднократно указывалось, что одной из причин, приводящих к быстрому изнашиванию рабочих элементов буровой техники из вольфрамокобальтовых сплавов, являются структурные превращения в зонах контактных поверхностей [5]. Для повышения эксплуатационных характеристик рабочих элементов буровой техники, существует множество методов поверхностного и объемного упрочнения твердосплавных материалов, таких как модифицирование, легирование и др. [2; 5]. Кроме того, одним из способов повышения стойкости к износу и ударно-абразивным нагрузкам твердосплавных

материалов является разработка новых составов (основная матрица с различными добавками). В последние годы наблюдается рост научного интереса к ультрадисперсным порошковым (УДП) добавкам, которые при введении их в основной состав обеспечивают повышение физико-механических свойств материала [2; 3].

В работе [1] разработаны износостойкие порошковые составы с УДП добавками шпинели магния, по которым были изготовлены опытные образцы буровых пластин. В результате проведенных исследований структуры выявлено, что введение ультрадисперсных добавок шпинели магния  $MgAl_2O_4$  в состав твердосплавных вольфрамокобальтовых буровых пластин способствует уменьшению размера зерен карбида вольфрама. Для объяснения механизмов влияния добавок на формирование структуры и размеров зерен карбида вольфрама, в данной работе показаны результаты термического анализа порошков шпинели магния. Метод термического анализа материала применяется для выявления физико-химических процессов, сопровождающихся выделением или поглощением тепла, т.е. устанавливаются изменения характеристик при заданных температурных интервалах [4].

Цель работы сформулирована как, исследование процессов, происходящих при спекании шпинели магния при температурном интервале спекания от комнатной температуры до температуры  $1450^{\circ}C$ .

Объект исследования ультрадисперсные добавки шпинели магния –  $MgAl_2O_4$ , основной химический состав:  $MgO$  – 28,2% масс.;  $Al_2O_3$  – 71,8% масс [6]. Термический анализ для исследования процессов, влияющих на свойства материалов при различных температурах, выполнен на приборе синхронного термического анализа STA 449C Jupiter фирмы NETZSCH в диапазоне температур от комнатной температуры до температуры  $1450^{\circ}C$ .

Для исследований были подготовлены навески порошков массой ~8 мг. УДП добавки шпинели магния из-за размерных особенностей могут поглощать в себя влагу и примеси. Для выявления процессов, протекающих во время

нагрева шпинели магния выполнен термический анализ по следующим режимам: от комнатной до 600°C; 1000°C и 1450°C.

В диапазоне температур от комнатной температуры до 600°C выявлены наличия эндотермических процессов. На рис.1 показаны участки эндотермических процессов: от комнатной температуры до 100°C, 130°C ...200°C и 300°C ...400°C.

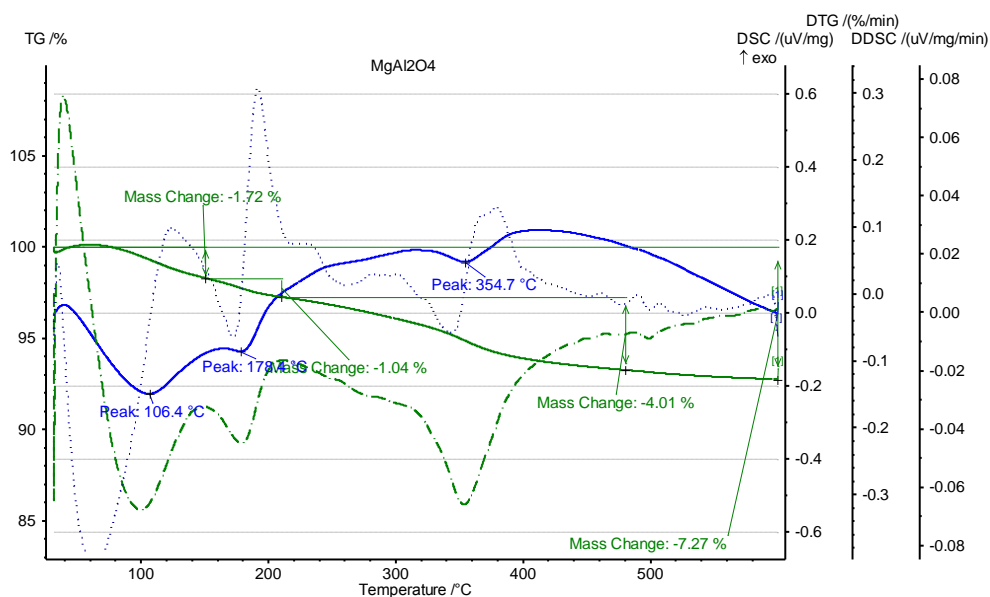


Рис. 1. Термический анализ ультрадисперсного порошка шпинели от комнатной температуры до 600°C.

Также на кривой термогравиметрии потери массы соответственно расположены характерные участки потери массы, где от комнатной до 200°C происходит удаление физически адсорбированной воды, и потеря массы составило на участке  $\approx -1,04\%$  масс. На участке 200...400°C происходит начало удаления межслоевой воды слоистых двойных гидроксидов (СДГ) и потеря массы составило  $\approx -4\%$  масс, а ближе к 600°C потеря массы составляет 7,27% масс [7]. Удаление межслоевой воды СДГ подтверждено рентгенофазовым анализом, где показано исчезновение характерных рефлексов СДГ. При высоких температурах прокаливания наблюдаются фазы Mg-O и стехиометрической шпинели  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ .

Также эндотермические пики обнаружены на участках температур 900...1000°C; 1000...1100°C; 1100...1250°C; 1390...1450°C.

Таким образом, в результате термического анализа ультрадисперсных порошков шпинели магния на интервале температур от комнатной температуры до 1450°C происходит распад СДГ и образование фаз Mg-O и стехиометрической шпинели. Образование новых фаз оказывает влияние на формирование структурного состояния опытных образцов из вольфрамокобальтовых сплавов.

### ***Список литературы***

1. Васильева М.И. Влияние ультрадисперсных добавок на структурное состояние и физико-механические свойства вольфрамокобальтовых твердых сплавов / М.И. Васильева, Г.Г. Винокуров, М.В. Федоров // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – №12. – С. 105–109.

2. Гордеев Ю.И. Влияние добавок легирующих керамических наночастиц на структурные параметры и свойства твердых сплавов / Ю.И. Гордеев, А.К. Абкарян, Г.М. Зеер [и др.] // Вестник СибГАУ. – 2013. – №3 (49). – С. 174–181.

3. Горшков В.С. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений / В.С. Горшков, В.Г. Савельев, Н.Ф. Федоров. – М.: Высш. шк., 1988. – 400 с.

4. Ивлев В.И. Термический анализ. Ч. 1: Методы термического анализа / В.И. Ивлев, Н.Е. Фомин, В.А. Юдин [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. – 44 с.

5. Панов В.С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них / В.С. Панов, А.М. Чувилин, В.А. Фальковский. – М.: МИСИС, 2004. – 464 с.

6. Подболотов К.Д. Поведение СВС-материалов на основе карбида кремния и шпинели при высокотемпературном обжиге / К.Д. Подболотов, Е.М. Дятлова // Огнеупоры и техническая керамика. – 2011. – №7–8. – С. 13–17.

7. Forano C. Layered Double Hydroxides (LDH) / C. Forano, U. Costantino, V. Prévot, C. Taviot-Guého // Developments in Clay Science, V.5. / F. Bergaya, G. Lagaly Eds. – Elsevier Ltd., 2013. – Ch. 14.1. – P. 745–782.