



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-2-118-122>
УДК 543.39: 665.081

Поступила 13.04.2022
Received 13.04.2022

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ПРИ КОНТАКТЕ КИСЛОТСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДЯЩИМИ ГАЗАМИ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВТОРИЧНОГО АЛЮМИНИЯ В САТ-0,15, САТ-0,5 И САТ-2,5

А. С. ПАНАСЮГИН, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: niilogaz@tut.by
А. Р. ЦЫГАНОВ, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь, ул. Свердлова, 13
И. Л. КУЛИНИЧ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65
Н. П. МАШЕРОВА, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь, ул. Свердлова, 13
Л. П. ДОЛГИЙ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65

В данной работе проведен анализ образования паров минеральных кислот и их взаимодействия с защитными покрытиями на основе бентонитовых глин, периклаза и шунгита. Проведена теоретическая оценка количества паров кислот в отходящих газах с учетом производительности печей, рассчитана термодинамическая вероятность образования паров кислот в зависимости от условий проведения плавки для различных типов плавильных агрегатов, сделана оценка взаимодействия паров кислот с компонентами защитных покрытий на основе бентонитовых глин, периклаза и шунгита.

Ключевые слова. Бентонит, периклаз, шунгит.

Для цитирования. Панасюгин, А. С. Исследование свойств защитных составов при контакте кислотосодержащими отходящими газами, образующихся при получении вторичного алюминия в САТ-0,15, САТ-0,5 и САТ-2,5 / А. С. Панасюгин, А. Р. Цыганов, И. Л. Кулинич, Н. П. Машерова, Л. П. Долгий // *Литье и металлургия*. 2022. № 2. С. 118–122. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-2-118-122>.

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF PROTECTIVE COMPOSITIONS CONTACTING WITH ACID-CONTAINING WASTE GASES FORMED DURING THE PRODUCTION OF SECONDARY ALUMINUM IN CAT-0,15, CAT-0,5 AND CAT-2,5

A. S. PANASYUGIN, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave. E-mail: niilogaz@tut.by
A. R. TSYGANOV, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, 13a, Sverdlova str.
I. L. KULINICH, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave.
N. P. MASHEROVA, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus, 13a, Sverdlova str.
L. P. DOLGIY, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosty ave.

The paper analyzes the mineral acid vapors formation and their interaction with protective coatings based on bentonite clays, periclasite and shungite. A theoretical assessment of the acid vapor in the exhaust gases amount was carried out taking into account the performance of furnaces. Thermodynamic probability of acid vapor formation was calculated depending on the melting conditions for different types of melting units, the interaction of acid vapor with the components of protective coatings based on bentonite clays, periclasite and shungite was estimated.

Keywords. Bentonite, periclasite, shungite.

For citation. Panasyugin A. S., Tsyganov A. R., Kulnich I. L., Masherova N. P., Dolgiy L. P. Investigation of the properties of protective compositions contacting with acid-containing waste gases formed during the production of secondary aluminum in CAT-0,15, CAT-0,5 and CAT-2,5. *Foundry production and metallurgy*, 2022, no. 2, pp. 118–122. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-2-118-122>.

Введение

Развитие технологий, освоение новых производственных процессов и видов продукции все актуальнее ставит задачи по охране окружающей среды, а также разработке материалов и способов нейтрализации загрязнителей.

Как показано в фундаментальных исследованиях, основными коррозионно-активными компонентами в отходящих газах при переплавке вторичного алюминия являются диоксид серы, диоксид азота и оксид углерода.

На сегодняшний день в Республике Беларусь в основном используются печи трех типов: САТ-0,15, САТ-0,5 и САТ-2,5 соответственно производительностью 0,15, 0,5 и 2,5 т/ч. Основными кислотными загрязнителями являются оксид углерода, диоксид азота и диоксид серы, которые при контакте с атмосферным воздухом и парами воды при определенных условиях преобразуются в серную и азотную кислоты. С учетом того что воздухопроводы и плавильное оборудование изготовлены из сталей различных марок, практически всегда имеются сварные швы. В этих местах происходит коррозия, поскольку на поверхности всегда присутствует Fe_2O_3 , который является катализатором превращения SO_2 в SO_3 , а в последующем при контакте с воздушной атмосферой, содержащей пары воды, превращается в термокислоты. Данный процесс описывается следующими уравнениями:



Работа включала в себя три основных этапа:

1. Теоретическая оценка количества паров кислот в отходящих газах с учетом производительности печей.

2. Расчет термодинамической вероятности образования паров кислот в зависимости от условий проведения плавки для различных типов плавильных агрегатов.

3. Оценка взаимодействия паров кислот с компонентами защитных покрытий на основе бентонитовых глин, периклаза и шунгита.

Целью настоящей работы являлось проведение анализа образования паров минеральных кислот и их взаимодействия с защитными покрытиями на основе бентонитовых глин, периклаза и шунгита.

Методы исследований

Кислотоустойчивость компонентов защитных составов определяли на установке, представленной на рис. 1, принцип работы которой приведен ниже.

Навеску исследуемого материала помещали в реактор 3 и заливали дистиллированной водой из расчета 5 частей образца и 95 частей воды при постоянном перемешивании мешалкой 5 со скоростью вращения 800 об/мин до получения однородной суспензии. Далее при постоянном перемешивании через дозатор 4 добавляли концентрированную серную кислоту (96 мас.%) до получения в конечном итоге 20%-ной концентрации. После этого при постоянном перемешивании температуру процесса поддерживали на уровне 100–102 °C

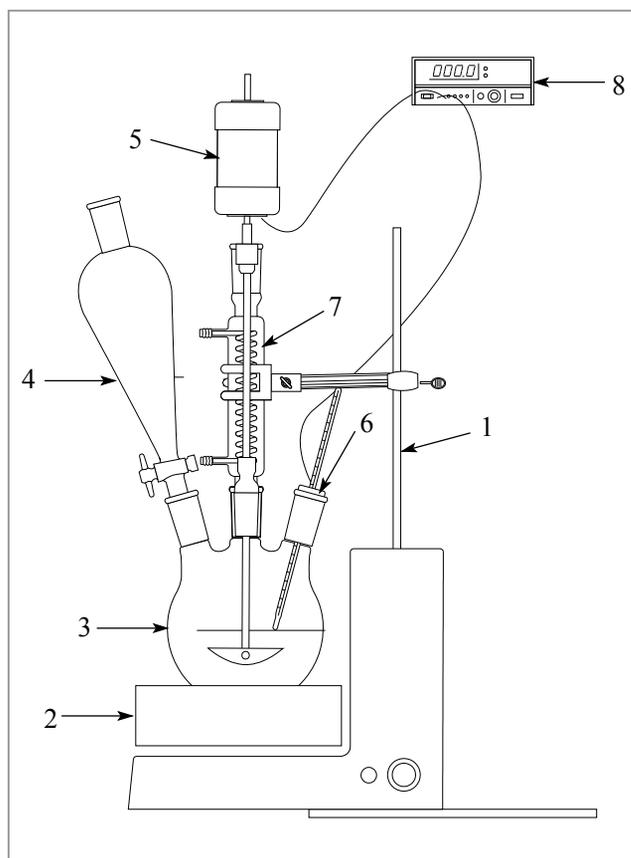


Рис. 1. Схема установки по оценке кислотоустойчивости компонентов защитных составов:

- 1 – штатив; 2 – управляемый нагревательный элемент;
- 3 – трехгорлая колба (реактор); 4 – дозатор; 5 – механическая мешалка с регулируемым числом оборотов;
- 6 – управляющая термодула; 7 – обратный холодильник;
- 8 – управляющий потенциостат

(2 – управляемый нагревательный элемент), контролируя ее при помощи термопары 6 и управляющего потенциостата 8, который одновременно проводил контроль за оборотами механической мешалки. Для осуществления сопоставимых условий эксперимента установка была оснащена обратным холодильником 7, который позволяет поддерживать сопоставимый уровень концентрации серной кислоты в процессе выполнения исследований.

Процесс обработки кислотами изучаемых образцов проводили в течение 4 ч. Затем обработанные образцы извлекали из реактора, отделяли на нучь- фильтре, промывали водой и сушили при температуре 120 °С. Маточный раствор и промывные воды объединяли и упаривали до постоянной массы.

Далее при проведении исследований использовали дифрактометр ДРОН-3 (Cu-K_α-излучение), рентгенофлуоресцентный микроанализатор Inca Energy 350 (Oxford Instruments, Англия) и сканирующий электронный микроскоп Vega II LMV (Tescan, Чехия).

Результаты и их обсуждение

Теоретическая оценка количества паров кислот в отходящих газах с учетом производительности печей дана в табл. 1. За основу принимали удельные показатели выбросов в атмосферу, приведенные в РД 0212.3-2002.

Таблица 1. Количество паров кислот в отходящих газах с учетом производительности печей

Производительность печи, т/ч	Показатель	Значения, кг/т (валовый выброс для данного типа печи)
0,15	SO ₂ (удельные)	0,5
	H ₂ SO ₄ (расчетные)	1,53 (0,23)
	NO ₂ (удельные)	0,2
	HNO ₃ (расчетные)	0,28 (0,04)
0,5	SO ₂ (удельные)	0,45
	H ₂ SO ₄ (расчетные)	1,34 (0,69)
	NO ₂ (удельные)	0,2
	HNO ₃ (расчетные)	0,28 (0,14)
2,5	SO ₂ (удельные)	0,4
	H ₂ SO ₄ (расчетные)	1,22 (3,1)
	NO ₂ (удельные)	0,2
	HNO ₃ (расчетные)	0,28 (0,7)

На рис. 2 приведены изменения температуры в газоходе от расстояния от верхнего среза для печи производительностью 2,5 т/ч.

Согласно приведенным данным, на рисунке был выбран температурный интервал, в котором рассчитаны термодинамические параметры для процессов по формулам (1)–(3).

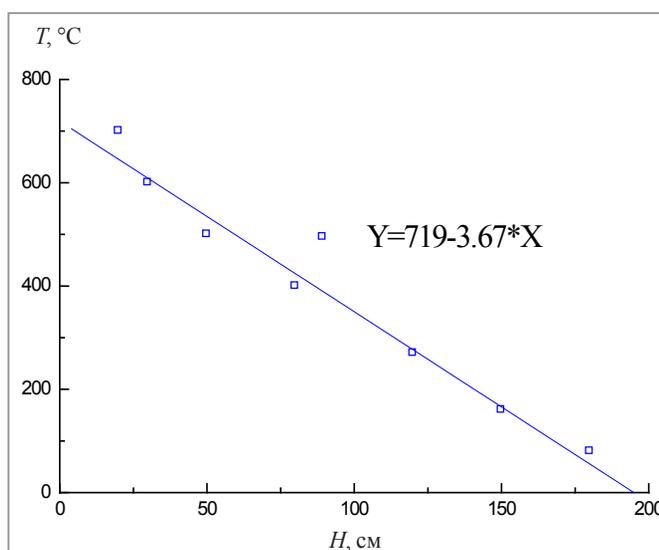


Рис. 2. Зависимость изменения температуры от расстояния от верхнего среза для печи производительностью 2,5 т/ч

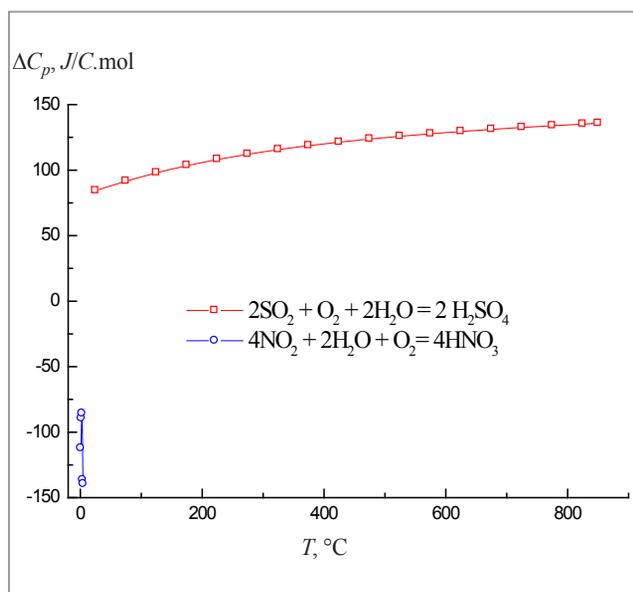


Рис. 3. Зависимость изменения $\Delta C_p, J/C.mol$, от температуры для различных процессов образования паров азотной и серной кислот

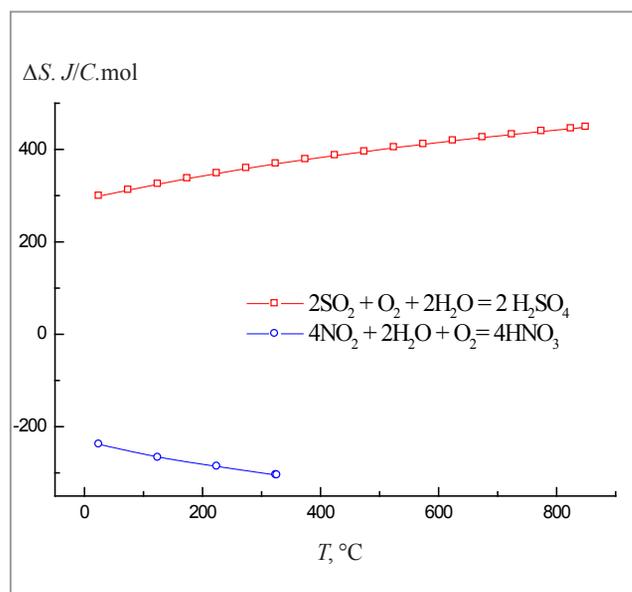


Рис. 4. Зависимость изменения $\Delta S, J/C.mol$, от температуры для различных процессов образования паров азотной и серной кислот

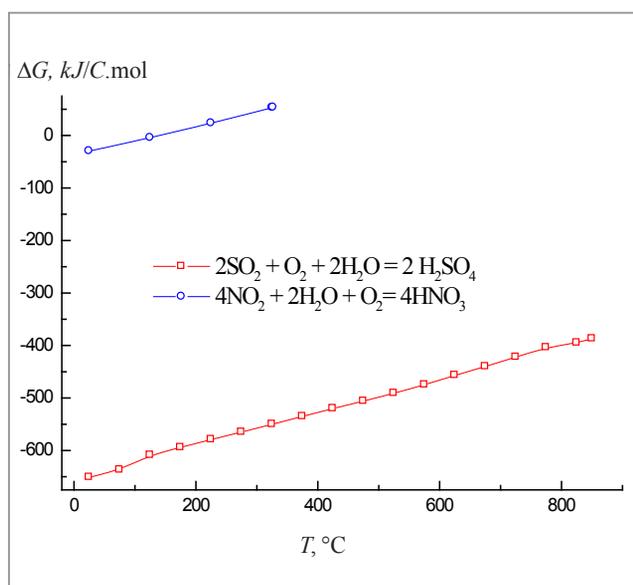


Рис. 5. Зависимость изменения $\Delta G, kJ/C.mol$, от температуры для различных процессов образования паров азотной и серной кислот

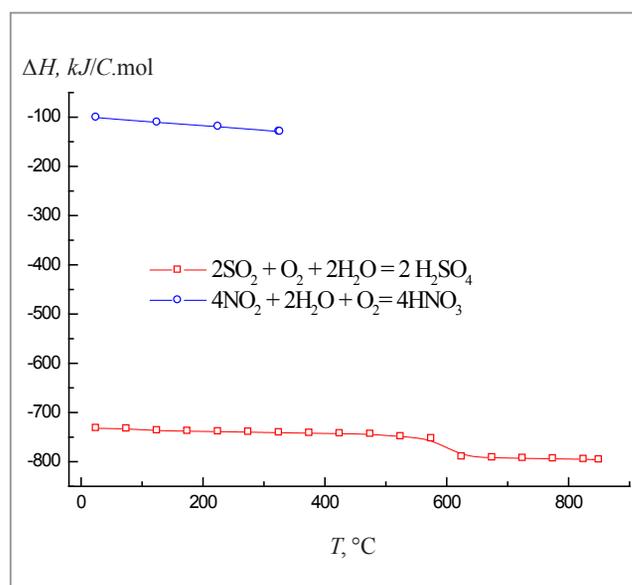


Рис. 6. Зависимость изменения $\Delta H, kJ/mol$, от температуры для различных процессов образования паров азотной и серной кислот

На рис. 3–6 представлены данные термодинамических расчетов для различных процессов образования паров серной кислоты. С точки зрения термодинамики наиболее вероятным являются протекания процессов образования паров серной кислоты по реакциям (3), (4) при температурном интервале 50–325 °С, что соответствует высоте 120–150 см от верхнего среза печи (см. рис. 2).

В табл. 2, 3 приведены результаты обработки компонентов защитных покрытий на основе бентонитовых глин, периклаза и шунгита серной и азотной кислотами. Как видно из таблиц, при контакте с кислотами изменения химического состава компонентов защитных покрытий обусловлены:

- для бентонитовых глин – в основном замещением обменных ионов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), а также частичным растворением соединений, входящих в качестве включений в каркас основного алюмосиликата (монтмориллонита), образующего его структуру (Fe_2O_3);
- для шунгита – в основном разложением мусковита, Fe_2O_3 , FeS_2 , Fe и CaCO_3 ;
- для периклаза – растворением MgO .

Таблица 2. Химический состав компонентов покрытий до и после контакта с серной кислотой

Соединение	Бентонит		Шунгит		Периклаз	
	до мас. %	после мас. %	до мас. %	после мас. %	до мас. %	после мас. %
SiO ₂	53,3	59,4	30,3	44,4	3,2	15,3
Al ₂ O ₃	18,1	11,9			2,1	12,8
Fe ₂ O ₃	0,84	0,53	8,8	4,5	0,9	
MgO	4,9	1,6			78,4	44,7
CaO	1,65	0,53			2,0	
Na ₂ O	1,1	0,2				
K ₂ O	0,32	0,12				
Cr ₂ O ₃					0,2	
H ₂ O	7,98	8,4	0,37	0,5		
Мусковит			14,63	4,7		
FeSi			0,8	0,8		
CaCO ₃			0,6			
FeS ₂			11,3	4,9		
Fe			11,8	6,2		
Графит			21,4	34,0		

Таблица 3. Химический состав компонентов покрытий до и после контакта с азотной кислотой

Соединение	Бентонит		Шунгит		Периклаз	
	до мас. %	после мас. %	до мас. %	после мас. %	до мас. %	после мас. %
SiO ₂	53,3	53,46	30,3	39,96	3,2	13,77
Al ₂ O ₃	18,1	10,71			2,1	11,52
Fe ₂ O ₃	0,84	0,477	8,8	4,05	0,9	
MgO	4,9	1,44			78,4	40,23
CaO	1,65	0,477			2,0	
Na ₂ O	1,1	0,18				
K ₂ O	0,32	0,108				
Cr ₂ O ₃					0,2	
H ₂ O	7,98	7,56	0,37	0,45		
Мусковит			14,63	4,23		
FeSi			0,8	0,72		
CaCO ₃			0,6			
FeS ₂			11,3	4,41		
Fe			11,8	5,58		
Графит			21,4	30,6		

Выводы

Проведена теоретическая оценка количества паров кислот в отходящих газах с учетом производительности печей, рассчитана термодинамическая вероятность образования паров кислот в зависимости от условий проведения плавки для различных типов плавильных агрегатов, сделана оценка взаимодействия паров кислот с компонентами защитных покрытий на основе бентонитовых глин, периклаза и шунгита.