

УДК 662.76

ВЕРИФИКАЦИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА УСТАНОВКИ УСКОРЕННОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ КАРБОНИЗАЦИИ

В. В. Назарова¹, Г. Е. Масленников², А. Ф. Рыжков³

^{1,2,3} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ vika_n@inbox.ru

Аннотация. В работе рассмотрен процесс ускоренной карбонизации минералов (accelerated carbonation of minerals, АМС). Такая технология в настоящее время считается перспективной для улавливания и хранения углерода. В программном комплексе COCO Simulator выполнен термодинамический расчет установки АМС для улавливания и минерализации CO₂ из дымовых газов.

Ключевые слова: зола, углекислый газ, ускоренная карбонизация, улавливание CO₂, минерализация CO₂

VERIFICATION OF THERMODYNAMIC CALCULATION OF ACCELERATED MINERAL CARBONIZATION UNIT

V. V. Nazarova¹, G. E. Maslennikov², A. F. Ryzhkov³

^{1,2,3} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

¹ vika_n@inbox.ru

Abstract. The paper considers the process of accelerated carbonation of minerals (AMC). This technology is currently considered promising for carbon capture and storage. A thermodynamic calculation of the AMC installation for capturing and mineralizing CO₂ from flue gases was performed in the COCO Simulator software package.

Keywords: ash, carbon dioxide, accelerated mineral carbonation, capture CO₂, mineralize CO₂

Ускоренная карбонизация — это технологический процесс, имитирующий естественные процессы выветривания, при котором

CO₂ реагирует с материалами, содержащими основные оксиды металлов, с образованием стабильных и нерастворимых карбонатов, но с гораздо более низким временем протекания реакций (от нескольких часов до десятков минут) [1]. Такую технологию рассматривают как перспективный метод улавливания и хранения CO₂ [2].

Процесс АМС [3] состоит из следующих элементов: осушитель (MRD), дутьевой вентилятор, увлажнитель, нагреватель и реактор с кипящим слоем (FBR) (рис. 1). Дымовой газ отводится из дымовой трубы электростанции и подается в MRD с расходом около 0,094 м³/с и температурой 40 . В MRD улавливается сконденсированная влага для защиты дутьевого вентилятора. Увлажнитель и нагреватель позволяют контролировать влажность и температуру дымовых газов [3].

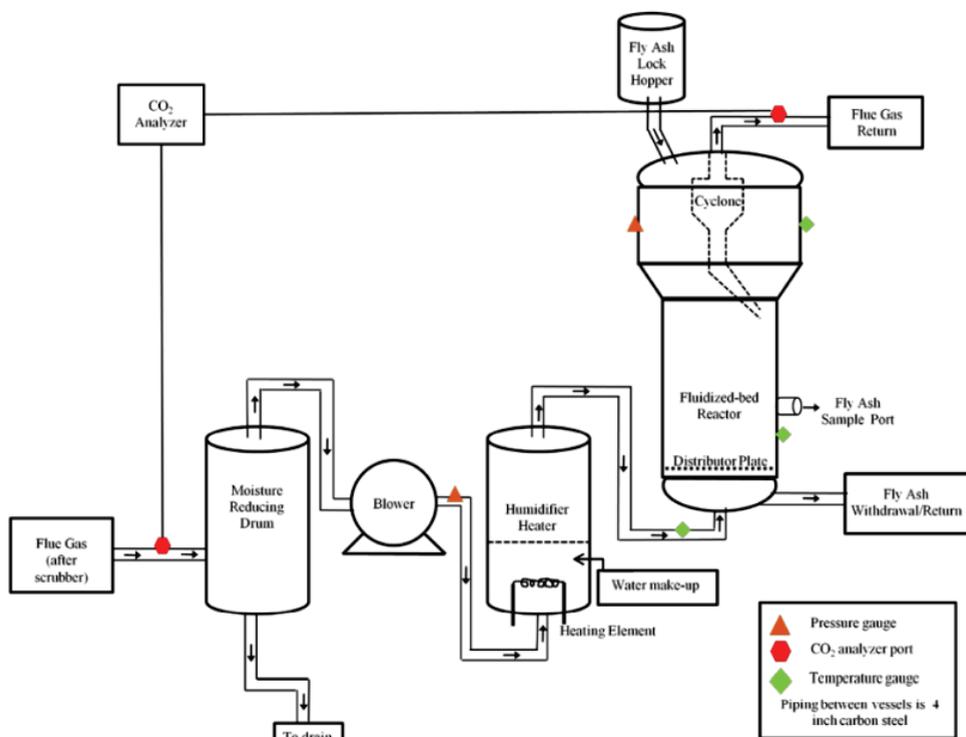


Рис. 1. Схема процесса АМС для прямого улавливания и минерализации CO₂ из дымовых газов [3]

Верхний вход реактора соединен с бункером золы для подачи необходимого количества свежего материала в реактор. Частицы летучей

зола псевдооживается потоком дымового газа, тем самым обеспечивается надлежащее перемешивание и хороший контакт между частицами и газом.

Расчет карбонизации выполняется в программном комплексе COCO Simulator. Расчетная схема процесса карбонизации золы, составленная в соответствии со схемой испытанной пилотной установки [3], представлена на рис. 2.

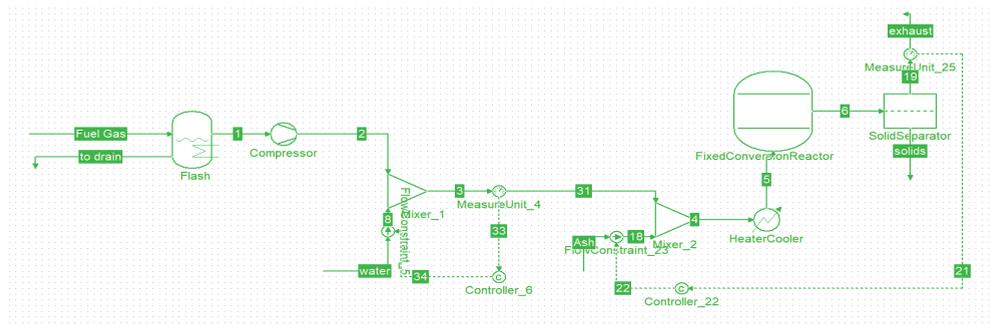


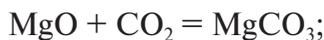
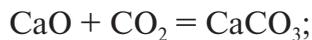
Рис. 2. Смоделированная в COCO Simulator схема процесса АМС для прямого улавливания и минерализации CO_2 из дымовых газов

По условиям [3], дымовой газ состоит из: CO_2 —13 %, H_2O — 10 %, N_2 —66 %, O_2 —11 %; его расход составляет 10,38 кг/мин. Состав свежей золы представлен в табличной форме, мас. %:

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	CaCO_3	Влага
58,61	19,06	5,37	7,5	3,85	0,7	0,94	<0,1	0,042

Давление в реакторе равняется 115,1 кПа. Перед подачей в реактор газ увлажняется до 16 %. Температура газа перед реактором составляет 60 °С.

В расчете рассматриваются следующие четыре реакции взаимодействия CO_2 с оксидами металлов:



Значение эффективности карбонизации не приводится [3], поэтому полнота протекания реакций была принята 30 %, как для сухого процесса [4].

Верификация производится по концентрации CO_2 в газах после реактора и по содержанию CaCO_3 — в карбонизированной золе. Результаты верификации расчета, по данным [3], представлены в таблице, они говорят об адекватности модели.

Таблица

Верификация расчетной схемы

Показатель	Состав	До карбонизации [3]	После карбонизации	
			[3]	Расчет
Дымовые газы, мол. %	CO_2	13	9,6	9,6
Зола, мас. %	CaCO_3	0,10	3,5–4	3,98

Результаты расчета показывают, что степень конверсии CO_2 составляет 22,6 %, при этом улавливается 0,033 кг CO_2 /кг золы.

Список источников

1. Chiang P.-C., Pan S.-Y. Carbon Dioxide Mineralization and Utilization [Electronic resource] // Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2017. DOI: 10.1007/978-981-10-3268-4_2 (date of access: 15.11.2020).
2. Yuen Y. T., Sharratt P. N., Jie B. Carbon dioxide mineralization process design and evaluation: concepts, case studies, and considerations [Electronic resource] // Environmental Science and Pollution Research. 2016. Vol. 23. P. 22309–22330. DOI: 10.1007/s11356-016-6512-9 (date of access: 15.11.2020).
3. Instantaneous Capture and Mineralization of Flue Gas Carbon Dioxide: Pilot Scale Study [Electronic resource] / K. J. Reddy [et al.] // Nature Precedings. 2010. DOI: 10.1038/npre.2010.5404.1 (date of access: 15.11.2020).
4. Dananjayan R. R. T., Kandasamy P., Andimuthu R. Direct mineral carbonation of coal fly ash for CO_2 sequestration [Electronic resource] // J. Clean. Prod. 2016. Vol. 112, p. 5. P. 4173–4182. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.05.145 (date of access: 15.11.2020).