

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

С.В. Егоров, А.А. Каренгин

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. А.Г. Каренгин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: kazus@sibmail.com

ENERGY EFFICIENT PLASMA PROCESSING OF INDUSTRIAL WASTES

S.V. Egorov, A.A. Karengin

Scientific Supervisor: Ass. Prof., PhD A.G. Karengin

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: kazus@sibmail.com

Abstract. *The paper presents the results of thermodynamic modeling of the process of joint plasma treatment of non-combustible and combustible industrial wastes. The compositions of water-salt-organic compositions based on these wastes and regimes providing their energy-efficient joint treatment in air plasma have been determined.*

Введение. Отходы производства являются мощным фактором, воздействующим на окружающую среду и отрицательно влияющим на качество жизни человека. Их использование в качестве вторичных материальных ресурсов решает ряд важных хозяйственных задач: экономия основного сырья, предотвращение загрязнения водоемов, почвы и воздушного бассейна, производство товаров народного потребления. Так на Томском подземном водозаборе после очистки пресной воды ежегодно образуются около 600 т отходов (ОВО), имеющих следующий состав: Fe- 30,3 %; Mn – 4,5 %; Si – 4,0 %, Ca – 1,0 %, H₂O – остальное [1]. Предприятие ООО «Сибметакхим» занимает лидирующие позиции в России по производству метанола, годовой выпуск которого достигает 750000 т. При этом образуется около 3500 т горючих отходов производства метанола (ГОПМ), имеющих следующий переменный состав (табл.1).

Таблица 1

Характерный химический состав горючих отходов производства метанола

№ пробы	H ₂ O, %	CH ₄ O, %	C ₂ H ₆ O, %	C ₃ H ₈ O, %	Q ^н _p , МДж/кг
1	20,0	70,0	5,3	4,7	13,0
2	21,5	69,9	4,7	3,9	12,3
3	22,1	69,7	4,5	3,7	12,1
4	22,6	69,4	4,4	3,6	11,9
5	23,0	69,1	4,3	3,6	11,8
6	23,2	69,0	4,2	3,6	11,7
7	23,6	68,8	4,1	3,5	11,6
8	23,7	67,6	4,4	4,3	11,6
9	26,4	68,2	3,0	2,4	10,5
10	26,7	66,2	3,7	3,4	10,5
11	28,5	65,7	3,1	2,7	9,8
12	30,2	63,6	3,3	2,9	9,3
13	33,0	61,5	3,0	2,5	8,4

Применяемые традиционные термические технологии получения пигментов из ОВО многостадийны, требуют значительных энергозатрат (2-4 МВт·ч/т) и экологически не безопасны [2]. Совместная плазменная обработка этих отходов в виде водно-солеорганических композиций сможет обеспечить не только снижение затрат электрической энергии на их обработку (до 0,1 МВт·ч/т), но и дополнительное получение тепловой энергии для технологических и бытовых нужд (до 2 МВт·ч/т).

Теоретическая часть. Жидкими горючими композициями считают композиции с низшей теплотворной способностью 8,4 МДж/кг и выше [3]:

$$Q_n^p = \frac{(100 - W - A)Q_n^c}{100} - \frac{2,5W}{100},$$

где Q_n^c – низшая теплотворная способность горючего компонента композиции, МДж/кг; W и A – содержание соответственно воды и негорючих минеральных веществ в композиции, %; 2,5 – скрытая теплота испарения воды при 0 °С, МДж/кг.

Более объективным показателем горючести жидких композиций является их адиабатическая температура горения [3]:

$$T_{ad} = \frac{Q_n^p + c_{отх} \cdot t_{отх} + \alpha \cdot \nu_{ок}^0 \cdot c_{ок} \cdot t_{ок}}{\nu \cdot c},$$

где $c_{отх}$ – средняя массовая теплоемкость жидкой композиции, кДж/(кг·град); $t_{отх}$ – температура жидкой композиции, °С; α – коэффициент расхода окислителя; $\nu_{ок}^0$ – теоретический расход окислителя, м³/м³; $c_{ок}$ – средняя массовая теплоемкость окислителя, (кДж/м³/град); $t_{ок}$ – температура окислителя, °С; ν и c – соответственно удельный объем и удельная равновесная теплоемкость продуктов плазменной обработки водно-солевых отходов в виде водно-солеорганических композиций, м³/кг и МДж/(м³·град).

Из анализа представленных данных (табл. 1) следует, что эти отходы могут быть использованы как для совместной плазменной обработки ОВО и ГОПМ (п.1-п.12), так и для получения тепловой энергии (п.13). В результате проведенных расчетов определены водно-солеорганические композиции (ВСОК) на основе ОВО и ГОПМ, имеющие $Q_n^p \approx 8,4$ МДж/кг. Например, для п.1 получим композицию ВСОК-1 (17,5 % ОВП : 82,5 % ГОПМ), а для п.12 – композицию ВСОК-12 (4,5 % ОВП : 95,5 % ГОПМ).

Для определения оптимальных режимов проведены расчёты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов совместной плазменной обработки ОВО и ГОПМ в виде ВСОК в воздушной плазме. Для расчётов использовалась лицензионная программа «TERRA». Расчёты проведены при атмосферном давлении (0,1 МПа), широком диапазоне рабочих температур (300÷4000) К и для различных массовых долей воздушного плазменного теплоносителя (10÷90) %.

На рисунке 1 показано влияние температуры на равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов совместной плазменной обработки ОВП и ГОПМ в виде композиции ВСОК-1 при исходной массовой доле воздуха 83 %. Из анализа равновесных составов следует, что при исходной массовой доле воздуха 83 % и температурах до 1600 К основными продуктами в газовой фазе являются N₂, CO₂ и H₂O (рис. 1а), а в конденсированной фазе (рис. 1б) – простые и сложные оксиды металлов, включая немагнитный оксид железа Fe₂O₃(с). Снижение исходной массовой доли воздуха до 82 % (рисунок 2) приводит к образованию в конденсированной фазе магнитного оксида железа Fe₃O₄(с).

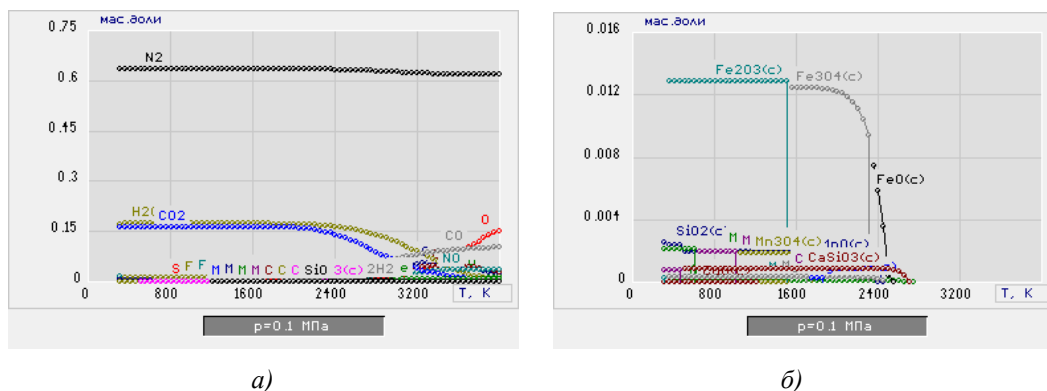


Рис. 1. Влияние температуры на равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной обработки ВСОК-1 в воздушной плазме: (83 % Воздух: 17 % ВСОК-1)

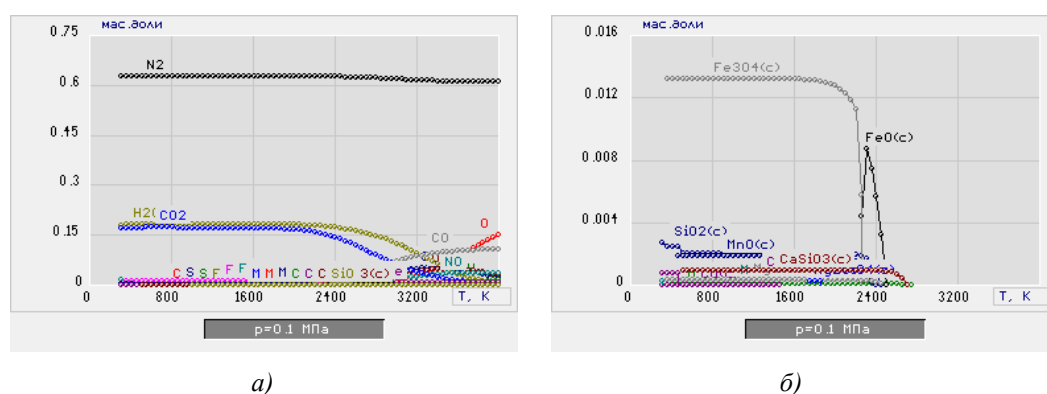


Рис. 2. Влияние температуры на равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной обработки ВСОК-1 в воздушной плазме: (82 % Воздух: 18 % ВСОК-1)

Наличие магнитного оксида железа в составе твердых продуктов позволит применить магнитное осаждение для их извлечения из водных суспензий при использовании «мокрой» очистки отходящих газов.

Закключение. По результатам проведенных расчетов могут быть рекомендованы для практической реализации совместной плазменной обработки ОВП и ГОПМ в воздушной плазме следующие режимы: состав ВСОК-1 (17,5 % ОВП : 83,5 % ГОПМ); массовая доля воздуха (82 % Воздух : 18 % ВСОК-1); температура (1500±100) К.. Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии энергоэффективной совместной плазменной обработки ОВО и ГОПМ в воздушной плазме в виде оптимальных по составу водно-солеорганических композиций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Лисецкий В. Н., Брюханцев В. Н., Андрейченко А. А. Улавливание и утилизация осадков водоподготовки на водозаборах г. Томска. - Томск: Изд-во НТЛ, 2003. – 164 с.
2. Беленький Е. Ф., Рискин И. В. Химия и технология пигментов. – Л.: Ленгосхимиздат, 1949. – 624с.
3. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П.// Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов.// М.: Химия, 1990. – 304 с.