

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЯ НА ПРИМЕРЕ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕРМАНИЯ

Рыбакова И.Н., Батурина А.Ю.

Научный руководитель канд. техн. наук Тинькова С.М

Сибирский Федеральный Университет

В наши дни перед металлургией ставится задача снижения энерго- и ресурсозатрат. Развитие цветной металлургии как отрасли возможно за счет совершенствования уже существующих технологий производства.

В ряде технологических процессов в качестве восстановителя используют водород. Выбор в качестве восстановителя водорода объясняется его высокой восстановительной способностью, сравнительно несложной технологией глубокой очистки и простотой удаления побочного продукта реакций.

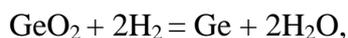
В работе сделан анализ расхода восстановителя (водорода) на примере производства металлического германия.

Рассмотрена технология получения германия из диоксида германия.

Восстановление двуокиси германия осуществляется в четырехтрубных печах восстановления полунепрерывного действия с двумя температурными зонами: восстановления и плавления. Процесс получения металлического германия подразделяется на три основные операции:

- процесс восстановления двуокиси германия с получением металлического порошка;
- расплавление металлического порошка до жидкого металла;
- направленная кристаллизация металла с получением поликристаллического слитка.

Восстановление идет по реакции:



при этом часть водорода является избыточным. Водород, используемый для восстановления, получают методом разложения воды постоянным электрическим током на водородно-кислородных генераторах.

Генератор производит водород и кислород путем электролиза деионизованной воды постоянным электрическим током по реакции:



Деионизованная вода обладает низкой электропроводностью. Для того чтобы шел процесс электролиза воды, необходимо наличие электролита, для его создания добавляется электропроводящая добавка - едкий натр (NaOH). Так как вырабатываемый генератором водород является пожаро-взрывоопасным, он выходит из генератора через пламяотталкивающий клапан безопасности, который защищает внутренние части установки от проникновения пламени.

В случае производства большего количества одного из газов, диспропорционер выпускает неиспользуемый газ (H_2 или O_2) через трубки выхода излишнего газа, а необходимый газ (водород) уходит из генератора через клапан безопасности и по внутренним трубопроводам поступает на потребление к печам восстановления. Кислород не используется и выходит в атмосферу.

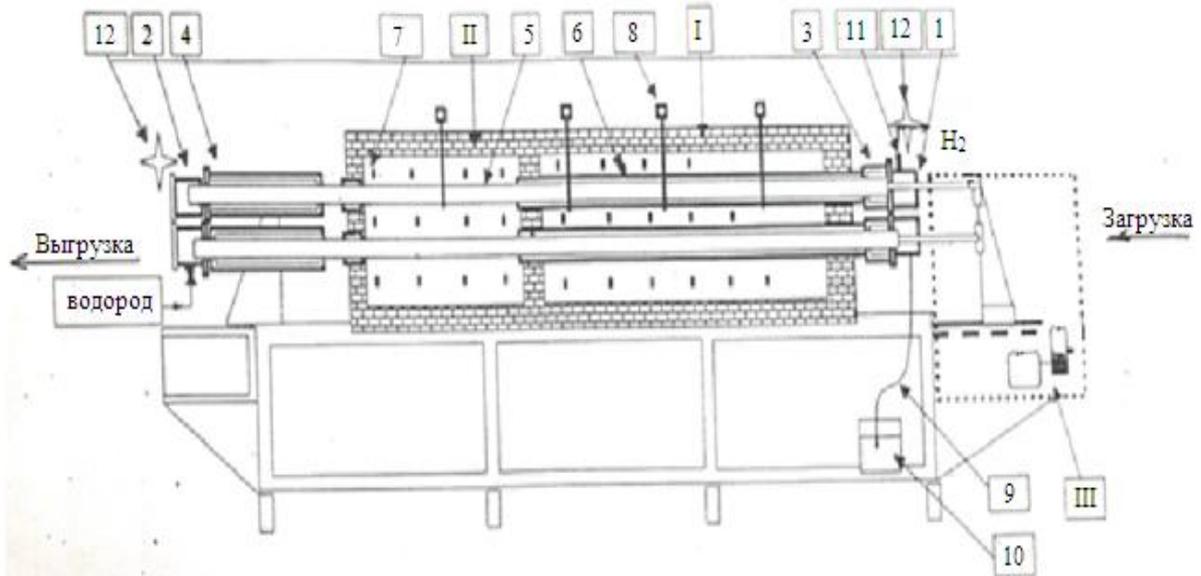
По технологии обычно проводят как предварительную продувку реакторов, так и при загрузке каждой лодочки с диоксидом германия большим объемом водорода (контроль по ротаметру 100% и по высоте факела не менее 15 см).

Водород на выходе сжигается, образуя факел.

После загрузки лодочек закрывают крышку загрузочного устройства и убавляют расход водорода до нормы ($0,6 \div 0,8$ м³/час по ротаметру, по величине факела $8 \div 10$ см).

При выгрузке лодочек осуществляют аналогичные операции.

Процесс протекает в печи, схематическое изображение которой приведено на рисунке 1.



I-зона восстановления; II-зона плавления; III-механизм привода; 1-устройство загрузки; 2-устройство выгрузки; 3-передний холодильник; 4-задний холодильник; 5-кварцевая труба-реактор; 6-металлическая труба; 7-нагревательные элементы; 8-термопары; 9-слив конденсата; 10-гидрозатвор (емкость); 11-штуцер выхода избыточного водорода; 12-спираль накаливания.

Рисунок 1 – Принципиальная схема устройства печи восстановления

Устройство выгрузки имеет штуцер для подвода водорода и смотровое окошко в крышке. Устройство загрузки имеет штуцер выхода избыточного водорода (11) на дожигание под зонтом вентиляционной системы и штуцер слива конденсата (9).

Через штуцер выгрузочного устройства в реактор подается водород. Таким образом, постоянно находясь в противотоке водорода и последовательно продвигаясь через температурные зоны реактора, двуокись германия вначале восстанавливается до металлического германия в зоне восстановления (I), далее переходит в зону плавления (II), где происходит плавление металлического порошка. После выхода из зоны плавления (II) лодочка с расплавленным металлом попадает в холодильник (4). При этом происходит направленная кристаллизация металла, а далее в холодильнике - охлаждение. Охлажденная лодочка с металлом извлекается через выгрузочное устройство (2).

Загрузочные (1) и выгрузочные (2) устройства снабжены крышками, через которые производится загрузка и выгрузка лодочек. Для исключения неконтролируемой утечки водорода при открытии загрузочных и выгрузочных устройств, а так же в случаях нарушения герметичности прокладок, с обоих концов установлены спирали накаливания (12), которые обеспечивают дожигание избыточного количества водорода.

В данной работе проанализирован расход необходимого реально используемого водорода. Согласно стехиометрической реакции восстановления диоксида германия на каждый килограмм восстановленного GeO_2 требуется $0,428 \text{ м}^3$ водорода.

В одной трубе одновременно находится 6-7 лодочек. При производительности $28,8 \text{ кг/сут}$ (в расчете на одну трубу). Стехиометрический расход водорода составит $13,326 \text{ м}^3/\text{сут}$.

При реальной подаче водорода $0,8 \text{ м}^3/\text{час}$ или $19,2 \text{ м}^3/\text{сут}$, избыточный водород составит $5,9 \text{ м}^3/\text{сут}$. В расчете на всю печь (четыре трубы) этот излишек водорода практически равен $24 \text{ м}^3/\text{сут}$. И это только *сжигаемый* водород, поданный в процессе восстановления. Кроме этого, как сказано выше, сжигается водород, расходуемый на продувку при загрузке и выгрузке, часовой расход которого в два раза больше.

Таким образом, сделанный анализ расхода восстановителя (H_2) на примере производства германия свидетельствует о нерациональном использовании водорода.

Одним из путей решения данной проблемы является включение недоиспользованного водорода обратно в технологический процесс. Водород, включенный в оборотный процесс, с добавлением свежего позволит снизить объемы производимого водорода, а, значит, энерго- и ресурсозатраты. Для удобства данного процесса необходимо автоматизировать его, естественно в непосредственной связке с автоматизацией всего технологического процесса.

Современное аппаратное оформление процесса должно предусматривать оснащение необходимыми контрольно-измерительными приборами с регистрирующими устройствами. Максимально должны быть использованы звуковая и световая сигнализации, с целью оповещения персонала, ведущего процесс восстановления диоксида германия и получения водорода, при отклонении технологических параметров от нормы, и автоматические регулирующие устройства.