

но утилизировать в виде газов-восстановителей после их термокаталитического преобразования.

УДК 669.181.428:У9(2)

**В. Н. Власенко, В. К. Симонов**

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЕРОДА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ КОМПЛЕКСНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА**

Потребности черной металлургии в восстановительных газах определяются не только технологическими требованиями современного доменного производства, но и перспективами развития технологий прямого получения железа. Поэтому в условиях острого дефицита природного газа повышенный интерес вызывают исследования кинетических закономерностей процессов газификации различных углей, являющихся поставщиками восстановительных газов в ходе газовой-углетермического восстановления железорудных материалов.

В настоящей работе термогравиметрическим методом изучены скоростные характеристики газификации древесного угля, графита, буроугольного кокса и углеродистого отхода – пиролигнина в потоке  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и их смесей разного состава при температуре  $1000^\circ\text{C}$ . Пиролигнин получали путем тепловой обработки лигнина Запорожского гидролизно-дрожжевого завода без доступа воздуха при температуре  $800^\circ\text{C}$ , а буроугольный кокс – высокотемпературным пиролизом александрийского бурого угля при нагреве до  $1200^\circ\text{C}$ . Выбор углеродистых материалов определялся стремлением получить информацию о развитии процесса газификации с участием форм углерода, сильно отличающихся по реакционной способности. Включение  $\text{CO}_2$  в сферу исследований вызвано тем, что даже при подаче в реактор чистого водяного пара образуются большие количества диоксида углерода по реакции водяного газа, протекающей очень быстро в условиях повышенных температур.

Установлено, что газификация всех углеродистых восстановителей водяным паром протекала в 1,5 раза быстрее, чем в потоке  $\text{CO}_2$ . Газификация углерода смесями  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$  (в соотношении 1:1) развивалась быстро, однако результат все же уступал сумме скоростей процессов, проведенных с каждым

окислителем отдельно. Реакционная способность бурогоугольного кокса и, особенно, пиролигнина оказалась близкой к уровню древесного угля.

Газификация углерода в условиях газовой-углетермического восстановления всегда развивается в присутствии значительного количества  $H_2$  и  $CO$ , как образующихся в ходе газификации углерода, так и подаваемых в реактор извне. Поэтому в работе были проведены эксперименты с добавками водорода и  $CO$  к окислительным газам. Установлено, что скорость газификации всех типов углей водяным паром значительно уменьшалась указанными добавками; более сильным оказалось негативное влияние  $CO$ , чем  $H_2$ . Эффект торможения процесса в присутствии  $CO$  имел место и в случае газификации углей углекислым газом. В противоположность этому добавки водорода тормозили процесс газификации в меньшей степени, чем можно было бы ожидать от наблюдаемого уровня снижения парциального давления  $CO_2$  в реакционном пространстве. Такое отличие следует связать с появлением  $H_2O$  по реакции водяного газа.

Паровоздушная газификация угля приводит к появлению в реакционной зоне азота, который при температуре  $1000^{\circ}C$  ведет себя как инертный газ. Кинетические исследования процесса газификации в таких условиях позволили определить количественную связь между степенью снижения парциальных давлений  $H_2O$  и  $CO_2$  при вводе в реактор инертного газа (аргона) и скоростью газификации разных углеродистых восстановителей. Установлено, что спад скорости в этом случае оказался меньшим, чем при введении водорода и  $CO$  в поток окислителей.

Результаты исследований обсуждены с учетом современных представлений о механизме комплексного восстановления железа, о кристаллическом строении различных типов углеродистых материалов и развитии адсорбционно-химических взаимодействий в гетерогенных реакциях газ – твердое тело.