

## ДИНАМИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКИСЛОВ ЖЕЛЕЗА ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ ТОПЛИВОПЛАВИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

И. Г. АНТОНОВ, В. П. ЗАРЮТО, С. И. СМОЛЬЯНИНОВ, Г. Г. КРИНИЦЫН

(Представлена научно-методическим семинаром органических кафедр  
химико-технологического факультета)

Применение торфа как технологического топлива в процессах получения железа из руд имеет ряд отличительных особенностей. Важнейшей из них является выделение значительного количества газообразных и жидких продуктов пиролиза, которые являются хорошими восстановителями. При этом роль тех или иных продуктов распада на процесс восстановления не одинакова.

Нами проведено исследование процесса восстановления окиси железа в торфорудных формовках продуктами термического разложения торфа ( $A^c$  — 4,85%,  $V^r$  — 85,93%,  $C^r$  — 52,30%,  $H^r$  — 6,43%,  $N^r$  — 2,43%) при скорости нагревания равной 5°/мин и часовой выдержкой в конце интервала коксования. Содержание  $Fe_2O_3$  в материалах равно 33,14% на сухое вещество.

Данные по динамике газовыделения получены на комплексной дериватографической установке, основными узлами которой являются дериватограф и два хроматографа — GACH-21 для анализа  $CO_2$  и ХТ-2М для  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $H_2$ .

Определение фазового состава окислов железа проводилось химическим и рентгенографическим методами на установке ДРОН-1, анод-железный, напряжение на аноде 20 кВ, анодный ток 15 мА.

Рассматривая данные восстановления  $Fe_2O_3$  в ТПМ (рис. 3, 4), можно отметить три температурных интервала:

1. Интервал низких температур до 500—550°С. Скорость восстановительных процессов низка.

2. Интервал температур 500—650°С характеризуется непрерывным возрастанием скорости восстановительных процессов и его можно назвать переходным.

3. Интервал повышенных температур (выше 650°С) — интервал интенсивных восстановительных процессов.

Данные динамики газовыделения из торфяных и топливоплавильных материалов (рис. 1, 2) указывают на то, что в каждом из этих интервалов температур восстановление окислов железа обусловлено различными продуктами термического распада органической массы торфа. Увеличенные скорости выделения  $CO$ ,  $CO_2$  и  $H_2$  из торфорудного материала в первом температурном интервале указывают на то, что жидкие продукты и их радикалы активно взаимодействуют с окислами железа даже при сравнительно низких температурах 250—550°С. Если рассматривать долю участия жидких, газообразных и твердых продук-

тов пиролиза в удалении кислорода из окислов (рис. 1—4), то нужно отметить, что в интервале выделения жидких (до 550°C)  $Fe_2O_3$  восстанавливается до  $Fe_3O_4$  и удаляется около 20% кислорода окиси железа. Из этих 20% большая часть должна уноситься окисью углерода, имеющей при пониженных температурах большее сродство к кислороду по сравнению с водородом [1, 2, 6] и выделяющейся из смолы за счет взаимодействия  $Fe_2O_3$  с жидкими продуктами.

Кроме того, адсорбция водяных паров на окислах железа блокирует реакционную поверхность для водорода [1].

Относительно восстановления окислов железа метаном нужно сказать, что до 500°C он инертен и лишь выше этой температуры включается в восстановительные процессы.

В переходном интервале 500—650°C удаляется еще около 10% кислорода  $Fe_2O_3$ .  $Fe_3O_4$  переходит в металлическое и закисное железо. Смолы,  $CO$ ,  $H_2$  и углерод твердого остатка большого участия

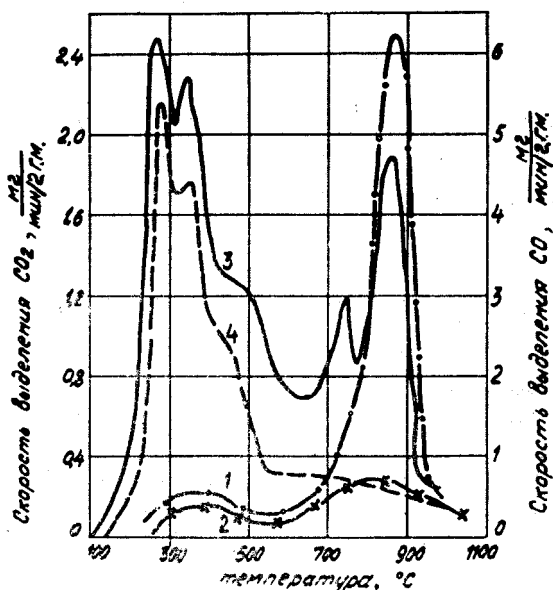


Рис. 1. Динамика выделения  $CO$  (1, 2) и  $CO_2$  (3, 4) из ТПМ (1, 3) и торфа (2, 4)

в этом не принимают, так как выделение жидких компонентов практически прекращается,  $CO$  и  $H_2$  выделяется мало, а реакция газификации  $C + CO_2 = 2CO$  при этих температурах имеет очень низкие

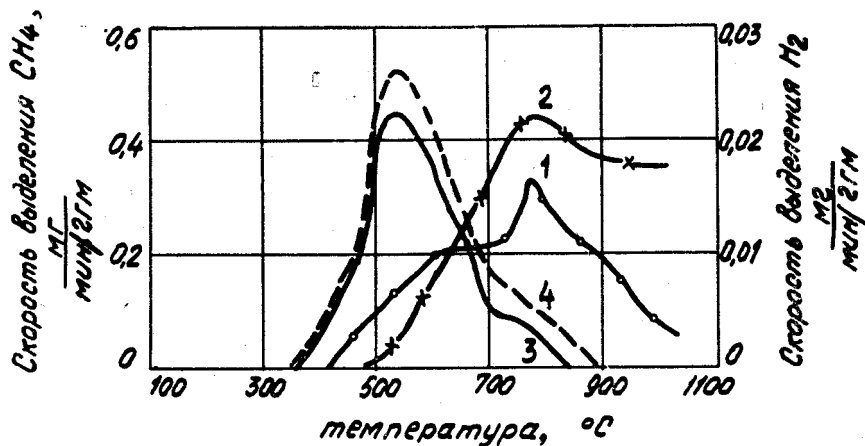


Рис. 2. Динамика выделения  $H_2$  (1, 2) и  $CH_4$  (3, 4) из ТПМ (1, 3) и торфа (2, 4)

скорости. Основным источником удаления кислорода, по-видимому, является метан. Скорость реакции взаимодействия  $CH_4$  с окислами в этом интервале температур довольно высока [4, 5] и одна его молекула может удалять из окислов 4 атома кислорода.

Интервал температур 650—900°C характеризуется интенсивным процессом накопления металлического железа. Здесь удаляется около 70% исходного кислорода окиси железа.

Метан и водород при этих температурах являются активными восстановителями, но их выделяется недостаточное количество. Поэтому основная роль должна принадлежать твердому углероду. Повышенная реакционная способность углерода твердого остатка и каталитическое влияние металлического железа на реакцию  $C + CO_2 = 2CO$  [4, 5]

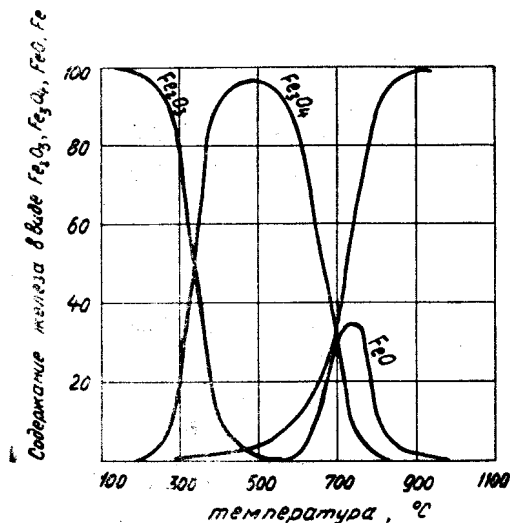


Рис. 3. Динамика восстановления окиси железа в ТПМ

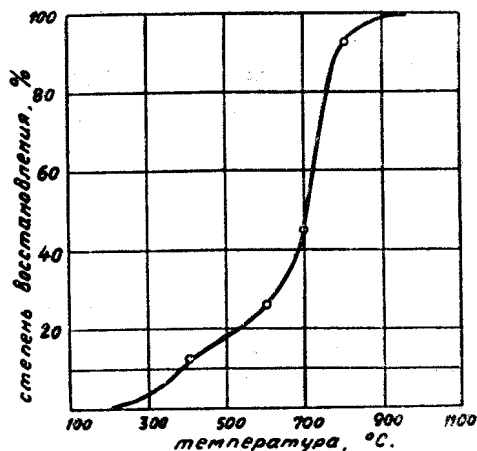
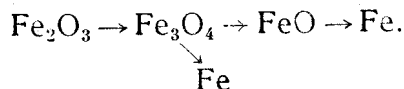


Рис. 4. Степень восстановления окиси железа при термообработке ТПМ

способствуют выделению больших количеств  $CO$ , который и восстанавливает окислы железа до металла.

Таким образом, при термообработке ТПМ при температурах выше  $200^\circ C$  окись железа начинает восстанавливаться и к  $550^\circ C$  переходит в  $Fe_3O_4$ . Следы металлического железа появляются при температурах выше  $300^\circ C$ . Восстановление окислов железа происходит последовательно от высших к низшим.



Основная часть кислорода окислов удаляется за счет реакции газификации углерода твердого остатка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. Д. Готлиб. Доменный процесс. М., Metallургия, 1966.
2. Н. А. Гольдштейн. Краткий курс теории металлургических процессов. М., Metallургиздат, 1961.
3. С. Г. Ростовцев, В. К. Симонов, О. А. Костелов. В сб.: «Механизм и кинетика восстановления металлов». М., «Наука», 1970, стр. 24—31.
4. В. В. Веселов, В. П. Дорохович. В сб.: «Механизм и кинетика восстановления металлов». М., «Наука», 1970, стр. 108—115.
5. О. Л. Костелов, С. Г. Ростовцев. Известия вузов, «Черная металлургия», 1966, № 9, стр. 14—19.
6. О. А. Есин, П. В. Гельд. Физическая химия пирометаллургических процессов. Ч. 1. Свердловск, Metallургиздат, 1962.