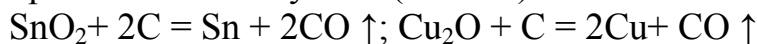


Н. Б. Альшевская,
учитель химии высшей категории,
магистр

Пирометаллургия — восстановление металлов из руд при высоких температурах с помощью C, CO (II), H₂, металлов — Al, Mg.

Например, Sn восстанавливают из касситерита SnO₂, а Cu — из куприта Cu₂O

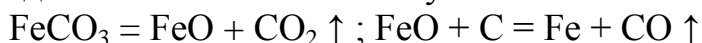
прокаливанием с углем (коксом):



Сульфидные руды предварительно подвергают обжигу при доступе воздуха, а затем полученный оксид восстанавливают углем: $2\text{ZnS} + 3\text{O}_2 = 2\text{ZnO} + 2\text{SO}_2 \uparrow$; $\text{ZnO} + \text{C} = \text{Zn} + \text{CO} \uparrow$

сфалерит (цинковая обманка)

Из карбонатных руд металлы выделяют также путем прокаливания с углем, т. к. карбонаты при нагревании разлагаются, превращаясь в оксиды, а последние восстанавливаются углем:



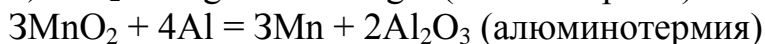
сидерит (шпатовый железняк)

Восстановлением углем можно получить Fe, Cu, Zn, Cd, Ge, Sn, Pb и другие металлы, не образующие прочных карбидов (соединений с углеродом).

В качестве восстановителя можно применять водород или активные металлы:



К достоинствам этого метода относится получение очень чистого металла.



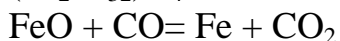
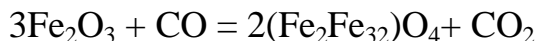
Чаще всего в металлотермии используют алюминий, теплота образования оксида

которого очень велика ($2\text{Al} + 1,5 \text{O}_2 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 1676 \text{ кДж/моль}$). Электрохимический ряд напряжений металлов нельзя использовать для определения возможности протекания реакций восстановления металлов из их оксидов. Приблизительно установить возможность этого процесса можно на основании расчета теплового эффекта реакции (Q), зная значения теплот образования оксидов:

$$Q = \sum Q_1 - \sum Q_2,$$

где Q₁ — теплота образования продукта, Q₂ — теплота образования исходного вещества.

Доменный процесс (производство чугуна):

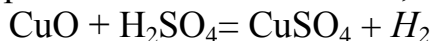


(чугун содержит до 6,67% углерода в виде зерен графита и цементита Fe_3C);

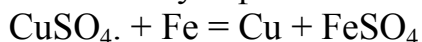
Выплавка стали (0,2-2,06% углерода) проводится в специальных печах (конвертерных, мартеновских, электрических), отличающихся способом обогрева. Продувание воздуха, обогащенного кислородом, приводит к выгоранию из чугуна избыточного углерода, а также серы, фосфора и кремния в виде оксидов. При этом оксиды либо улавливаются в виде отходящих газов (CO_2 , SO_2), либо связываются в легко отделяемый шлак – смесь $Ca_3(PO_4)_2$ и $CaSiO_3$. Для получения специальных сталей в печь вводят легирующие добавки других металлов.

Гидрометаллургия — это восстановление металлов из их солей в растворе.

Процесс проходит в два этапа: 1) природное соединение растворяют в подходящем реагенте для получения раствора соли этого металла; 2) из полученного раствора данный металл вытесняют более активным или восстанавливают электролизом. Например, чтобы получить медь из руды, содержащей оксид меди CuO , ее обрабатывают разбавленной серной кислотой:



Затем медь либо извлекают из раствора соли электролизом, либо вытесняют из сульфата железом:



Таким образом, получают серебро, цинк, молибден, золото, уран.

Электрометаллургия — восстановление металлов в процессе электролиза растворов или расплавов их соединений.

Этим методом получают алюминий, щелочные металлы, щелочноземельные металлы. При этом подвергают электролизу расплавы оксидов, гидроксидов или хлоридов.

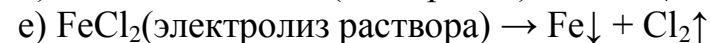
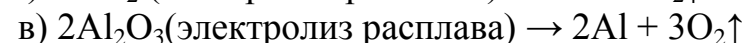
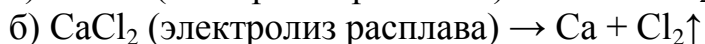
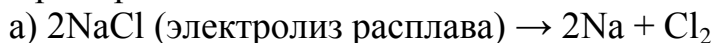
Анодные процессы в водных растворах

Анод	Кислотный остаток Ac^{m-}	
	бескислородный	кислородсодержащий
Нерастворимый	Окисление аниона (кроме фторидов) $Ac^{m-} - m\bar{e} = Ac^0$	В щелочной среде: $4OH^- - 4\bar{e} = O_2\uparrow + 2H_2O$; в кислой, нейтральной среде: $2H_2O - 4\bar{e} = O_2\uparrow + 4H^+$
Растворимый	Окисление металла анода $Me^0 - n\bar{e} = Me^{n+}$ анод раствор	

Катодные процессы в водных растворах солей

Электрохимический ряд напряжений металлов			
Li, K, Ca, Na, Mg, Al	Mn, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb	H_2	Cu, Hg, Ag, Pt, Au
$Me^{n+} - n\bar{e}$ восстанавливаются	$Me^{n+} + n\bar{e} = Me^0$		$Me^{n+} + n\bar{e} = Me^0$
$2H_2O + 2\bar{e} = H_2\uparrow + 2OH^-$	$2H_2O + 2\bar{e} = H_2\uparrow + 2OH^-$		

Примеры:



Примерный вариант ответа

