

§ 45. Общие способы получения металлов

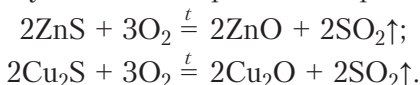
Значительная химическая активность металлов является причиной того, что в земной коре они существуют, как было отмечено ранее, преимущественно в виде соединений — минералов.

Горные породы (скопления минералов), из которых технологически возможно и экономически выгодно извлекать валовым способом металл, называют *рудой*. Руда практически никогда не содержит соединения металла в чистом виде, в ней всегда присутствуют примеси других минералов, которые называют пустой породой. Поэтому проблемой является не только разработка технологии извлечения металлов из минералов, но и поиск способов очистки минералов от пустой породы. Современные технологии делают экономически выгодным извлекать железо из руд, в которых его содержание составляет 30–55 %; цинк — 2–6 %; олово — 0,2–2 %; золото — 0,00002–0,0002 %.

Область науки и техники, отрасль промышленности, связанную с извлечением металлов из руд и получением их в виде, пригодном для использования, называют *металлургией*.

Металлургические процессы принято подразделять на три этапа.

Первый этап — предварительная обработка руды. На этом этапе производят обогащение руды — отделение всех ценных минералов от пустой породы. Если рудой являются сульфиды металла (CuFeS_2 , PbS , ZnS и др.), то такую руду предварительно обжигают в присутствии кислорода для перевода металлов в оксиды:



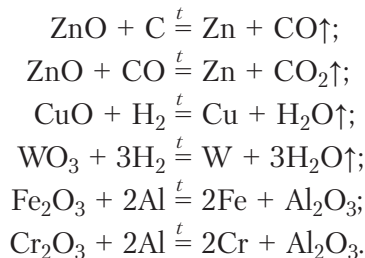
Второй этап — восстановление металлов из их соединений: оксидов или солей. Методы восстановления можно разделить на три большие группы: пирометаллургические, электрохимические и гидрометаллургические.

На третьем этапе проводят очистку металлов — рафинирование.

Метод получения металла из его руды выбирают с учётом свойств соединений металла и его химической активности.

Пирометаллургические методы

Пирометаллургические методы получения металлов основаны на восстановлении металлов из их руд при высокой температуре различными веществами с восстановительными свойствами. Наиболее распространённые восстановители — уголь, оксид углерода(II), водород, алюминий. В качестве примеров приведём используемые для получения металлов как в промышленности, так и в лаборатории реакции восстановления цинка углём и оксидом углерода(II), меди и вольфрама — водородом, железа и хрома — алюминием:



Рассмотрим более подробно процесс получения железа в составе его сплавов — чугуна и стали.

Основной источник железа — это руды, содержащие такие минералы, как магнетит (Fe_3O_4) и гематит (Fe_2O_3). Полезными примесями, улучшающими качество выплавленного из руды железа, являются соединения Mn, Ni, Co, Cr, B, V. Их называют легирующими добавками. Соединения As, P, S, Pb, Zn — вредные примеси, ухудшающие свойства железа.

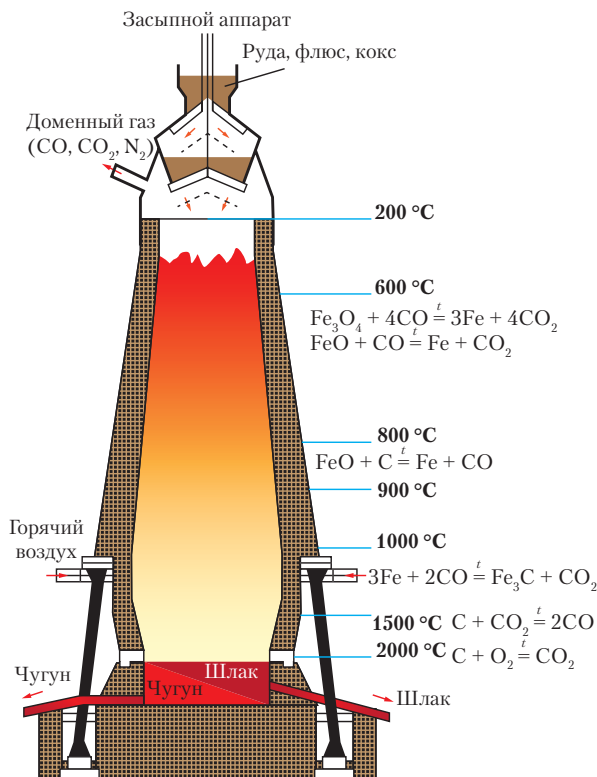
В настоящее время в производстве стали используют два основных способа.

Согласно первому традиционному способу получение стали проводят в две стадии. На первой из них получают чугун, который на второй стадии перерабатывают в сталь.



Для получения чугуна железо восстанавливают углеродом и угарным газом, который образуется при неполном сгорании угля. В доменную печь загружают смесь железной руды, специально обработанного угля, называемого коксом, и добавляют для понижения температуры плавления известняк. Такую смесь, называемую шихтой, вводят в доменную печь сверху, откуда она перемещается вниз в зону более высокотемпературного нагревания, где температура поднимается до 1600°C и смесь расплавляется.

Вдуваемый снизу в доменную печь воздух обеспечивает горение углерода с выделением большого



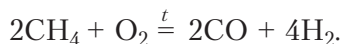
количества теплоты и образованием угарного газа, который восстанавливает железо из его оксидов. Восстановленное железо уже при температуре около 1000 °С науглероживается, и образуется сплав, называемый чугуном. В нём, помимо железа, содержатся графит и цементит — карбид железа Fe_3C с суммарным содержанием углерода приблизительно от 2 до 6 %.

Расплав чугуна периодически отбирают, изолируя его от шлака. Химические процессы, протекающие в разных зонах доменной печи, представлены на рисунке.

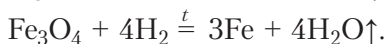
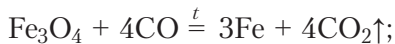
При *переработке чугуна в сталь* на второй стадии процесса избыточный углерод, а нередко и другие примеси, например кремния, фосфора, серы, окисляют при высокой температуре кислородом воздуха. Для этого используют разные установки — мартеновские печи, конвертеры, электропечи. Образующиеся оксиды неметаллов всплывают в виде шлака или испаряются. Наряду с окислением примесей происходит также частичное окисление железа с образованием оксида железа(II), который растворяется в расплавах чугуна и стали. Оксид железа(II) восстанавливают, добавляя в расплав кремний, марганец или алюминий в качестве восстановителей. Образующийся шлак из оксидов отделяют от расплава железа.

Второй способ производства стали одностадийный, его называют прямым. В нём стадия получения чугуна отсутствует, меньше выброс углекислого газа в атмосферу. Являясь более экономичным, он постепенно вытесняет первый способ. Для получения стали железную руду измельчают, а затем обжигают с относительно небольшим количеством кокса во вращающихся печах. Полученные железорудные окатыши, содержащие оксиды железа, подвергают действию газообразного восстановителя в специальных реакторах.

В качестве восстановителя используют смесь метана, оксида углерода(II) и водорода. Водород и оксид углерода(II) образуются из метана при его окислении кислородом в присутствии катализатора в специальных аппаратах по реакции:



Образование металлического железа можно представить уравнениями реакций:



Полученное при восстановлении губчатое железо (окатыши) подвергают переплавлению в электродуговых печах. При этом, вводя необходимые добавки, железо легируют для получения того или иного сорта высококачественных сталей — коррозионностойких, инструментальных, конструкционных, электротехнических, жаропрочных и др.

Электрохимические методы

Электрохимический метод получения металлов (электрометаллургия) предполагает выделение металлов из руд электролизом. *Электролиз* — это окислительно-восстановительный процесс, протекающий под действием постоянного электрического тока, проходящего через раствор или расплав электролита. Его отличие от обычных окислительно-восстановительных реакций заключается в том, что процессы окисления и восстановления разделены в пространстве и протекают на электродах, помещённых в раствор или расплав электролита.

Процесс получения металлов электролизом проводят в аппаратах, называемых электролизёрами. В них имеется источник электрического питания, подсоединённый к электродам, которые погружены в ванну с токопроводящим водным раствором или расплавом соли металла.

Выбор условий проведения электролиза и состава электролита определяется положением металла в ряду активности. *Электролизом водного раствора* можно выделить только те металлы, которые находятся в ряду активности правее алюминия (например, Zn, Ni, Sn, Cr, Pb, Co, Cu, Ag, Au, Pd и др.). Алюминий, магний, щелочные и щёлочноземельные металлы, титан извлекают *электролизом расплавов* их оксидов или хлоридов.

Рассмотрим процесс электролиза на примере получения магния из его хлорида (рис. 108).

Ванну электролизёра (1) заполняют расплавленным MgCl_2 . Для снижения его температуры плавления и повышения электропроводности расплава в него вводят NaCl , CaCl_2 , KCl и небольшие количества NaF и CaF_2 . Температуру поддерживают в пределах 720°C . В этих условиях хлорид магния и другие соли диссоциируют на ионы:



На катоде — электроде, подключённом к отрицательному полюсу источника постоянного тока (2), протекают процессы восстановления — передача электронов от катода катионам магния:

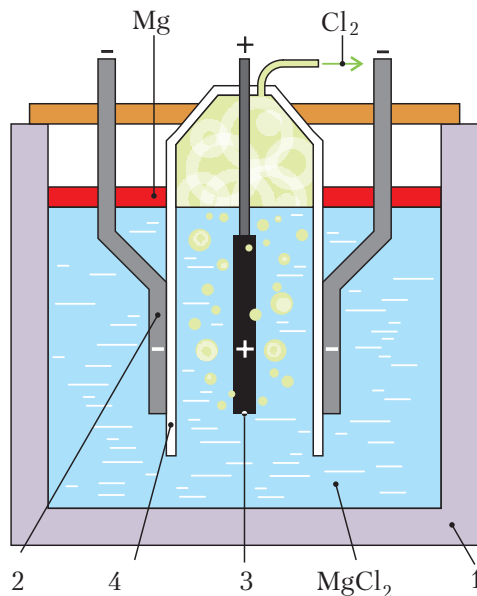
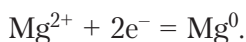
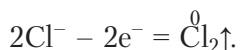


Рис. 108. Схема электролизёра для получения магния

Другие металлы при заданных условиях электролиза не восстанавливаются, потому что концентрация их ионов мала.

Выделяющийся на катоде металлический магний всплывает в катодном пространстве на поверхность электролита, поскольку плотность магния меньше плотности электролита-расплава. Магний периодически удаляют с помощью вакуумного ковша.

На аноде — электроде, подключённом к положительному полюсу источника постоянного тока (3), протекают процессы окисления — электроны переходят от анионов к электроду:



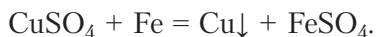
Катодное и анодное пространство электролита разделено перегородкой (4), чтобы выделяющийся хлор не окислял магний и удалялся из электролизёра.

Гидрометаллургические методы

Гидрометаллургия — это выделение металлов из руд, концентратов и отходов производства с помощью водных растворов определённых веществ (химических реагентов).

Вначале металлы переводят в растворимые соединения. Затем их восстанавливают, используя либо химические реакции с сильными восстановителями, либо процессы вытеснения металлов из растворов их солей более активными металлами, либо электрохимическое восстановление из растворов.

Например, гидрометаллургическим методом извлекают медь из растворов её солей с помощью железа:



Серебро и золото восстанавливают из растворов солей этих металлов цинком. Покрытия из никеля и цинка получают электролизом растворов их солей.



Металлургия — область науки и отрасли промышленности, связанная с извлечением металлов из руд и получением их в виде, пригодном для использования.

Металлы получают восстановлением из их соединений:

- методом пирометаллургии, используя в качестве восстановителей уголь, водород, оксид углерода(II), более активный металл (например, алюминий) при высокой температуре;

- электрохимическим методом из растворов или из расплавов солей металлов, используя для восстановления электрический ток;
- гидрометаллургическим методом восстановления металлов из растворов их солей более активными металлами.

Электролиз — это окислительно-восстановительный процесс, протекающий на электродах под действием постоянного электрического тока, проходящего через раствор или расплав электролита.

Вопросы, задания, задачи

1. Используя данные о температурах плавления металлов и сплавов (§ 43), предположите, почему первыми металлами, добытыми человеком, были золото, серебро, медь и только потом железо.

2. Составьте уравнения реакций обжига сульфидных руд, содержащих минералы CuS , Cu_2S , ZnS , FeS_2 .

3. Составьте уравнения реакций восстановления оксидов металлов Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , FeO , PbO , ZnO оксидом углерода(II).

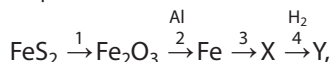
4. Составьте уравнения реакций выделения металлов алюмотермическим способом (восстановление алюминием) из их оксидов: MnO_2 , Cr_2O_3 , Fe_3O_4 .

5. Рассчитайте и сравните массовую долю меди в минералах халькопирит CuFeS_2 и малахит $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$.

6. Приведите уравнения реакций, протекающих на электродах в процессе получения натрия электролизом расплава его хлорида.

7. В деталях мобильного телефона содержится около 0,050 г золота. Сколько нужно переработать телефонов, чтобы извлечь 1 кг золота? Выход продукта при переработке составляет 98 %.

8. Составьте уравнения реакций согласно схеме:



где X — сложное вещество, Y — простое вещество.

9. На территории нынешней Республики Беларусь в старину железо получали из болотной, озёрной и дерновой руды. Эта руда представляет собой бурый железняк, состоящий из гематита (Fe_2O_3) и лимонита (упрощённая формула FeOOH). Предложите способ, который мог быть использован в то время для получения железа.

10. Вычислите массу чугуна с массовой долей железа 94 %, который можно получить из 10 тонн магнитного железняка с массовой долей Fe_3O_4 24 %.



Микросхема

