

## § 45. Агульныя спосабы атрымання металаў

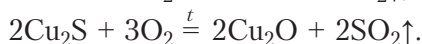
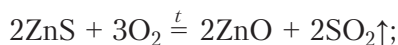
Значная хімічная актыўнасць металаў з'яўляецца прычынай таго, што ў зямной кары яны існуюць, як было адзначана раней, пераважна ў выглядзе злучэнняў — мінералаў.

Горныя пароды (навалы мінералаў), з якіх тэхналагічна можна і эканамічна выгадна здабываць валавым спосабам метал, называюць *рудой*. Руда практычна ніколі не ўтрымлівае злучэнні металу ў чыстым выглядзе, у ёй заўсёды прысутнічаюць прымесьці іншых мінералаў, якія называюць пустой пародай. Таму праблемай з'яўляецца не толькі распрацоўка тэхналогіі здабывання металаў з мінералаў, але і пошук спосабаў ачысткі мінералаў ад пустой пароды. Сучасныя тэхналогіі робяць эканамічна выгаднай здабычу жалеза з руд, у якіх яго колькасць складае 30–55 %; цынку — 2–6 %; волава — 0,2–2 %; золата — 0,00002–0,0002 %.

Вобласць навукі і тэхнікі, галіну прамысловасці, звязаную з дабываннем металаў з руд і атрыманням іх у выглядзе, прыдатным для выкарыстання, называюць *металургіяй*.

Металургічныя працэсы прынята падзяляць на тры этапы.

Першы этап — папярэдняя апрацоўка руды. На гэтым этапе ажыццяўляюць узбагачэнне руды — адзяленне ўсіх каштоўных мінералаў ад пустой пароды. Калі рудой з'яўляецца сульфід металу ( $\text{CuFeS}_2$ ,  $\text{PbS}$ ,  $\text{ZnS}$  і інш.), то такую руду папярэдне абпальваюць у прысутнасці кіслароду для пераводу металаў у аксіды:



Другі этап — аднаўленне металаў з іх злучэнняў: аксідаў ці солей. Метады аднаўлення можна падзяліць на тры вялікія групы: піраметалургічныя, электрахімічныя і гідраметалургічныя.

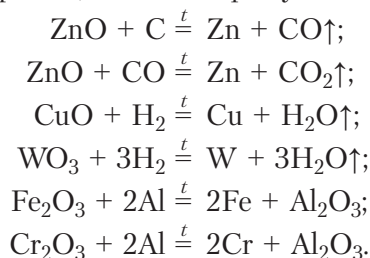
На трэцім этапе праводзяць ачыстку металаў — рафінаванне.

Метад атрымання металу з яго руды выбіраюць з улікам уласцівасцей злучэнняў металу і яго хімічнай актыўнасці.

### *Піраметалургічныя метады*

*Піраметалургічныя метады* атрымання металаў заснаваны на аднаўленні металаў з іх руд пры высокай тэмпературы рознымі рэчывамі з аднаўленчымі ўласцівасцямі. Найбольш распаўсюджаныя адноўнікі — вугаль, аксід вугляроду(II), вадарод, алюміній. У якасці прыкладаў прывядзём рэакцыі,

якія выкарыстоўваюцца для атрымання металаў як у прамысловасці, так і ў лабараторыі: рэакцыі аднаўлення цынку вугалем і аксідам вугляроду(II), медзі і вальфраму – вадародам, жалеза і хрома – алюмініем:



Разгледзім больш падрабязна працэс атрымання жалеза ў саставе яго сплаваў – чыгуну і сталі.

Асноўная крыніца жалеза – гэта руды, якія змяшчаюць такія мінералы, як магнетыт ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) і гематыт ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Карыснымі прыmesямі, якія паліпшаюць якасць выплаўленага з руды жалеза, з'яўляюцца злучэнні Mn, Ni, Co, Cr, B, V. Іх называюць легіравальнымі дадаткамі. Злучэнні As, P, S, Pb, Zn – шкодныя прыmesі, якія пагаршаюць уласцівасці жалеза.

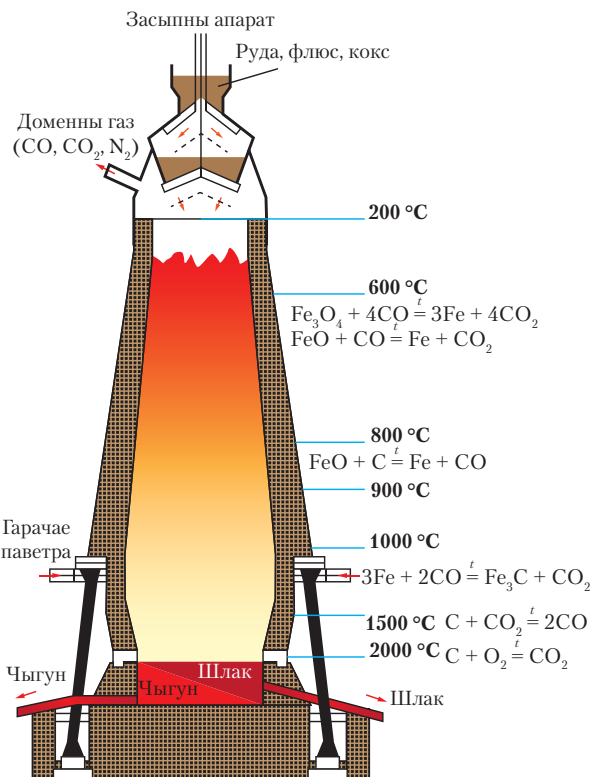
У цяперашні час у вытворчасці сталі выкарыстоўваюць два асноўныя спосабы.

Паводле першага традыцыйнага спосабу атрымання сталі праводзяць у дзве стадыі. На першай з іх атрымліваюць чыгун, які на другой стадыі перапрацоўваюць у сталь.



Для атрымання чыгуну жалеза аднаўляюць вугляродам і чадным газам, які ўтвараецца пры няпоўным згаранні вугалю. У доменную печ загрузаюць сумесь жалезнай руды, спецыяльна апрацаванага вугалю, так званага коксу, і дадаюць для паніжэння тэмпературы плаўлення вапняк.

Такою сумесь, якая мае назву «шыхта», уводзяць у доменную печ



зверху, адкуль яна перамяшчаецца ўніз у зону больш высокатэмпературнага нагрывання, дзе тэмпература падымаецца да 1600 °С і сумесь расплаўляецца.

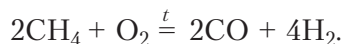
Удзіманае знізу ў доменную печ паветра забяспечвае гарэнне вугляроду з вылучэннем вялікай колькасці цеплаты і ўтварэннем чаднага газу, які аднаўляе жалеза з яго аксідаў. Адноўленае жалеза ўжо пры тэмпературы каля 1000 °С навугляроджваецца і ўтвараецца сплаў — чыгун. У ім, акрамя жалеза, утрымліваюцца графіт і цэментыт — карбід жалеза Fe<sub>3</sub>C з сумарным утрыманнем вугляроду прыблізна ад 2 да 6 %.

Расплаў чыгуну перыядычна выдаляюць, ізалюючы яго ад шлаку. Хімічныя працэсы, якія праходзяць у розных зонах доменнай печы, адлюстраваны на малюнку.

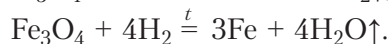
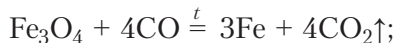
Пры *перапрацоўцы чыгуну ў сталь* на другой стадыі працэсу залішні вуглярод, а нярэдка і іншыя прымесьці, напрыклад крэмнію, фосфару, серы, акісляюць пры высокай тэмпературы кіслародам паветра. Для гэтага выкарыстоўваюць розныя ўстаноўкі — мартэнаўскія печы, канвертары, электрапечкі. Аксіды неметалаў, якія ўтвараюцца, усплываюць у выглядзе шлаку або выпараюцца. Разам з акісленнем прымесьці адбываецца таксама частковае акісленне жалеза з утварэннем аксіду жалеза(II), які раствараецца ў расплавах чыгуну і сталі. Аксід жалеза(II) аднаўляюць, дадаючы ў расплаў крэмній, марганец або алюміній у якасці адноўнікаў. Шлак, што ўтвараецца з аксідаў, аддзяляюць ад расплаву жалеза.

Другі спосаб вытворчасці сталі аднастадыійны, яго называюць прамым. У ім стадыя атрымання чыгуну адсутнічае, меншы выкід вуглякіслага газу ў атмасферу. З'яўляючыся больш эканамічным, ён паступова выцясняе першы спосаб. Для атрымання сталі жалезную руду здрабняюць, а потым абпальваюць з адносна невялікай колькасцю коксу ў печах, якія верцяцца. Атрыманыя жалезарудныя акатышы, якія змяшчаюць аксіды жалеза, падвяргаюць уздзеянню газападобнага адноўніка ў спецыяльных рэактарах.

У якасці адноўніка выкарыстоўваюць сумесь метану, аксіду вугляроду(II) і вадароду. Вадарод і аксід вугляроду(II) утвараюцца з метану пры яго акісленні кіслародам у прысутнасці каталізатара ў спецыяльных апаратах па рэакцыі:



Утварэнне металічнага жалеза можна адлюстраваць ураўненнямі рэакцый:



Атрыманае пры аднаўленні губчатае жалеза (акатышы) падвяргаецца пераплаўленню ў электрадугавых печах. Пры гэтым, уводзячы неабходныя дабаўкі, жалеза легіруюць для атрымання таго ці іншага гатунку высакаякасных сталей — каразійнаўстойлівых, інструментальных, канструкцыйных, электратэхнічных, гарачатрывалых і інш.

### Электрахімічныя метады

Электрахімічны метады атрымання металаў (электраметалургія) заключаюцца ў вылучэнні металаў з руд электrolізам. *Электrolіз* — гэта акісляльна-аднаўленчы працэс, які працякае пад дзеяннем пастаяннага электрычнага току, які праходзіць праз раствор або расплаў электраліту.

Яго адрозненне ад звычайных акісляльна-аднаўленчых рэакцый у тым, што працэсы акіслення і аднаўлення падзеленыя ў прасторы і працякаюць на электродах, змешчаных у раствор або расплаў электраліту.

Працэс атрымання металаў электrolізам праводзяць у спецыяльных апаратах, так званых электралізёрах. У іх ёсць крыніца электрычнага сілкавання, злучаная з электродамі, якія пагружаны ў ванну з токаправодным водным раствором або расплавам солі металау.

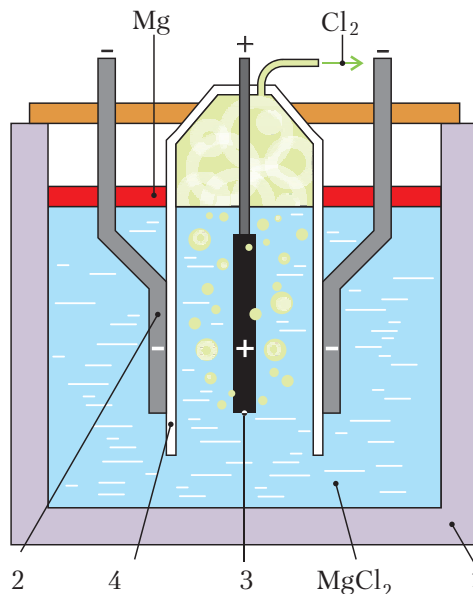
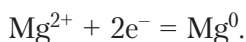
Выбар умоў правядзення электrolізу і саставу электраліту вызначаецца становішчам металау ў радзе актыўнасці. *Электrolізам воднага раствору* можна атрымаць толькі тыя металы, якія знаходзяцца ў радзе актыўнасці правей алюмінію (напрыклад, Zn, Ni, Sn, Cr, Pb, Co, Cu, Ag, Au, Pd і інш.). Алюміній, магній, шчолачныя і шчолачназямельныя металы, тытан атрымліваюць *электrolізам расплаваў* іх аксідаў або хларыдаў.

Разгледзім працэс электrolізу на прыкладзе атрымання магнію з яго хларыду (мал. 108).

Ванну электралізёра (1) запаўняюць расплаўленым  $MgCl_2$ . Для зніжэння яго тэмпературы плаўлення і павышэння электраправоднасці расплаву ў яго ўводзяць  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $KCl$  і невялікія колькасці  $NaF$  і  $CaF_2$ . Тэмпературу падтрымліваюць у межах  $720\text{ }^{\circ}C$ . У гэтых умовах хларыд магнію і іншыя солі дысацыюруюць на іоны:



На катодзе — электродзе, падключаным да адмоўнага полюса крыніцы пастаяннага току (2), працякаюць працэсы аднаўлення — перадача электронаў ад катода катыёнам магнію:

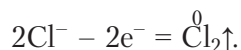


Мал. 108. Схема электралізёра для атрымання магнію

Іншыя металы пры зададзеных умовах электrolізу не аднаўляюцца, таму што канцэнтрацыя іх іонаў невялікая.

Металічны магній, які вылучаецца на катодзе, успывае ў катоднай прастору на паверхню электраліту, паколькі шчыльнасць магнію меншая за шчыльнасць электраліту-расплаву. Магній перыядычна выдаляюць з дапамогай вакуумнага каўша.

На анодзе — электродзе, падключаным да дадатнага полюса крыніцы пастаяннага току (3), працякаюць працэсы акіслення — электроны пераходзяць ад аніёнаў да электрода:



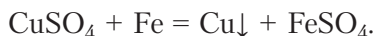
Катодная і анодная прастора электраліту падзелена перагародкай (4), каб хлор, які вылучаецца, не акісляў магній і выдаляўся з электралізера.

### *Гідраметалургічныя метады*

*Гідраметалургія* — гэта атрыманне металаў з руд, канцэнтратаў і адходаў вытворчасці з дапамогай водных раствораў пэўных рэчываў (хімічных рэагентаў).

Спачатку металы пераводзяць у растваральныя злучэнні. Потым іх аднаўляюць, выкарыстоўваючы або хімічныя рэакцыі з моцнымі адноўнікамі, або працэсы выцяснення металаў з раствораў іх солей больш актыўнымі металамі, або электрахімічнае аднаўленне з раствораў.

Напрыклад, гідраметалургічным метадам атрымліваюць медзь з раствораў яе солей з дапамогай жалеза:



Серабро і золата аднаўляюць з раствораў солей гэтых металаў цынкам. Пакрыцці з нікелю і цынку атрымліваюць электrolізам раствораў іх солей.



Металургія — вобласць навукі і галіна прамысловасці, звязаная з дабываннем металаў з руд і атрыманнем іх у выглядзе, прыдатным для выкарыстання.

Металы атрымліваюць аднаўленнем з іх злучэнняў:

- метадам піраметалургіі, выкарыстоўваючы ў якасці адноўнікаў вугаль, вадарод, аксід вугляроду(II), больш актыўны метал (напрыклад, алюміній) пры высокай тэмпературы;

- электрахімічным метадам з раствораў або з расплаваў солей металаў, выкарыстоўваючы для аднаўлення электрычны ток;
- гідраметалургічным метадам аднаўлення металаў з раствораў іх солей больш актыўнымі металамі.

Электrolіз — гэта акісляльна-аднаўленчы працэс, што працякае на электродах пад дзеяннем пастаяннага электрычнага току, які праходзіць праз раствор або расплаў электраліту.

### Пытанні, заданні, задачы

1. Выкарыстоўваючы даныя пра тэмпературы плаўлення металаў і сплаваў (§ 43), выкажыце меркаванне, чаму першымі металамі, здабытымі чалавекам, былі золата, серабро, медзь і толькі потым жалеза.

2. Складзіце ўраўненні рэакцый абпалусульфідных руд, якія ўтрымліваюць мінералы  $\text{CuS}$ ,  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{FeS}_2$ .

3. Складзіце ўраўненні рэакцый аднаўлення аксідаў металаў  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{ZnO}$  аксідам вугляроду(II).

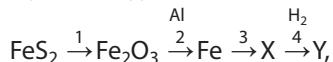
4. Складзіце ўраўненні рэакцый атрымання металаў алюма-тэрмічным спосабам (аднаўленне алюмініем) з іх аксідаў:  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

5. Разлічыце і параўнайце масавую долю медзі ў мінералах халькапірыт  $\text{CuFeS}_2$  і малахіт  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ .

6. Прывядзіце ўраўненні рэакцый, якія праходзяць на электродах у працэсе атрымання натрыю электrolізам расплаву яго хларыду.

7. У дэталях мабільнага тэлефона змяшчаецца каля 0,050 г золата. Колькі трэба перапрацаваць тэлефонаў, каб атрымаць 1 кг золата? Выхад прадукту пры перапрацоўцы складае 98 %.

8. Складзіце ўраўненні рэакцый паводле схемы:



дзе X — складанае рэчыва, Y — простае рэчыва.

9. На тэрыторыі цяперашняй Рэспублікі Беларусь даўней жалеза атрымлівалі з балотнай, азёрнай і дзярновай руды. Гэтая руда ўяўляе сабой буры жалезняк, які складаецца з гематыту ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) і ліманіту (спрошчаная формула  $\text{FeOOH}$ ). Прапануйце спосаб, які мог быць выкарыстаны ў той час для атрымання жалеза.

10. Вылічыце масу чыгуну з масавай доляй жалеза 94 %, які можна атрымаць з 10 тон магнітнага жалезняку з масавай доляй  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  24 %.



Мікрасхема

