

Т.І. Русакова

**ПОСІБНИК ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ
«ТЕХНОЛОГІЇ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

Частина І. Машинобудування та металургія

2021

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара

Т.І. Русакова

**ПОСІБНИК ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ
«ТЕХНОЛОГІЇ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

Частина І. Машинобудування та металургія

*Ухвалено на вченій раді
як навчальний посібник
протокол №15 від 01.06.2021 р.*

**Дніпро
2021**

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. А.В. Павличенко, Національний ТУ «Дніпровська політехніка», завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища
канд. техн. наук, доц. В.А. Козачина, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, доцент кафедри гідравліки та водопостачання

П81 Посібник до вивчення дисципліни «Технології основних виробництв», частина I. Машинобудування та металургія: навч. посіб. Дніпро: Журфонд, 2021. 96 с.

В посібнику викладено основні теоретичні положення навчальної дисципліни «Технології основних виробництв» у рамках її окремих розділів «Машинобудування та металургія» з базою тестових завдань. Велику увагу приділено як схемам представлених виробництв, так і тим стадіям, на яких утворюються шкідливі викиди, розглянуто методи їх очистки та утилізації.

Призначено для студентів спеціальності 183 Технології захисту навколишнього середовища, що навчаються за різними освітньо-професійними програмами, зокрема «Екоаналітика та техногенна безпека».

Вступ

Як відомо машинобудування та металургія – основні галузі промисловості, що впливають на стан навколишнього середовища.

В машинобудуванні джерелами викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря є технологічне обладнання й агрегати, що застосовуються у виробництві. Хоча частка підприємств машинобудування в загальному обсязі викидів шкідливих речовин в атмосферу не перевищує 3%, але внаслідок роботи технологічного устаткування в атмосферу надходять масла, пари, аміак, ціаністий водень, аерозолі, флориди, металевий та абразивний пил, сірководень, двооксид сірки, оксиди азоту й інші шкідливі речовини. На підприємствах машинобудування накопичується значна кількість твердих відходів, зокрема: амортизаційний брукт, як результат заміни зношених деталей і модернізації обладнання; відходи від механічної обробки заготовок на верстатах. Однією із причин забруднення навколишнього середовища підприємствами машинобудування є неочищені стічні води, що скидаються у водоймища й порушують біорівновагу.

Одним із головних напрямків розвитку машинобудування є широке впровадження маловідходних та безвідходних технологій виготовлення заготовок деталей машин, що дозволяє зменшити кількість відходів і відповідно зменшити навантаження на навколишнє середовище.

Як способи очищення викидів в атмосферне повітря у машинобудівному комплексі від шкідливих речовин застосовується очищення викидів від пилу та аерозолів шкідливих речовин та очищення викидів від газоподібних шкідливих речовин.

В машинобудівному комплексі із механічних методів очищення газових середовищ широко застосовується очищення газів у фільтрах, циклонах, пиловловлювачах інерційного типу та в електрофільтрах, для очищення газових середовищ від газоподібних забруднювальних речовин найчастіше застосовується абсорбція, хемосорбція та каталітичне очищення.

Металургія є однією з найбільш забруднюючих галузей промисловості. На металургію припадає 35% викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Первинні викиди підлягають мокрому очищенню й у деяких випадках сухому очищенню за допомогою електрофільтрів або рукавних фільтрів. Вторинні пиловидні викиди не уловлюються та не очищуються. Також металургійні підприємства є доволі крупними забруднювачами водоймищ. Важкі метали, радіонукліди, інші тверді відходи не підлягають утилізації чи повторній обробці й тим самим спричиняють шкідливий вплив на навколишнє середовище. Технології, що застосовуються на деяких підприємствах галузі, застаріли й мають низький коефіцієнт корисної дії. Причинами забруднення водних ресурсів є недостатнє очищення стічних вод перед їх скиданням у річки чи каналізаційні системи.

Актуальним завданням для підприємств чорної та кольорової металургії є розробка та реалізація заходів боротьби зі шкідливим впливом на довкілля та

використання відходів. Слід впроваджувати нові технології плавлення металу, зводити очисні споруди, використовувати відходи металургії в інших виробництвах, а саме, коксовий газ – для синтезу азотних добрив, шлаки доменного виробництва – у цементній промисловості, тощо.

Шкідливий вплив підприємств чорної та кольорової металургії на довкілля можна суттєво зменшити використанням різних технологічних заходів та спеціального для цих цілей обладнання.

Одна з головних умов, що дозволяє знизити викиди шкідливих речовин, – *правильне, кваліфіковане ведення технологічних процесів кожного виробництва*, що є запорукою запобігання аваріям та непередбаченим викидам шкідливих речовин.

Запропонований навчальний посібник з дисципліни «Технології основних виробництв» призначений для студентів, які навчаються за освітньо-професійною програмою бакалавра «Екоаналітика та техногенна безпека». Навчальний посібник охоплює розділи «Машинобудування та металургія», де наведено теоретичні основи та послідовні стадії вказаних виробництв. Увага приділена стадіям виробництва, на яких утворюються шкідливі викиди, та методам їх очистки і утилізації.

Посібник складається із 4 розділів.

В першому розділі розглянуто теоретичну базу структури промисловості за видом продукції, форм організації виробництва, основних елементів територіальної структури, факторів розміщення господарств. Запропоновано набір тестових та контрольних запитань.

В другому розділі наведено основні поняття та визначення машинобудівного виробництва, представлено сучасний стан машинобудування в світі, показано важливе значення цієї промисловості для науково-технічного розвитку України. Описано життєвий цикл, виробничі та технологічні процеси машинобудівного виробу, різні типи виробництв машинобудівної промисловості, поняття продуктивності праці та собівартості виробу. Запропоновано тестові та контрольні запитання.

В третьому розділі описано технологію доменного виробництва, стадії отримання чавуну та сталі, промислові викиди, які утворюються при підготовці руди та методи їх очищення. Наведено контрольні та тестові запитання.

В четвертому розділі розглянуто загальну характеристику стану кольорової металургії в світі та в Україні. Описано технологію виробництва міді, алюмінію та цинку, переробки і використання бокситових шламів, стадії переробки газів, що відходять від цинкового виробництва, методи утилізації та знешкодження металургійних газів.

Тестові запитання до кожного розділу будуть корисними, як для самоконтролю студентів, так і для оцінки рівня знань викладачем. Вдалі відповіді студента на тестові запитання відповідає початковому рівню його знань, чітке формулювання основних визначень засвідчує про середній рівень знань матеріалу, коректні та повні відповіді на контрольні запитання дозволяють зробити висновок про високий рівень засвоєння матеріалу студентом.

1. Структура промисловості

Промисловість – технічно найдосконаліша галузь матеріального виробництва, основа індустріалізації економіки, яка має вирішальний вплив на розвиток продуктивних сил; сукупність підприємств з виробництва електроенергії, знарядь праці для галузей економіки, видобутку сировини, палива, заготівлі лісу, переробки продукції, випущеної промисловістю або виробленої сільським господарством, видобуток і переробка сировини, виробництво товарів і послуг.



Рисунок 1.1 Різні види промисловості [27]

1.1 Форми організації виробництва

Промисловість – провідна галузь господарства України. В її складі виділяють *дві складові*: видобувну та обробну галузі.

Видобувна промисловість займається видобутком різних видів палива і сировини з надр Землі, тому її розвиток і поширення залежать від розміщення і запасів корисних копалин.

Обробна промисловість займається обробкою чи переробкою сировини і напівфабрикатів. До обробної промисловості відносяться: машинобудівна, металургійна, деревообробна та інші галузі.

За *видом продукції*, що випускається, галузі об'єднують:

- у важку промисловість;
- легку промисловість;

- харчову промисловість.

До *важкої* промисловості відносять галузі, які виробляють: сировину, паливо, знаряддя праці. До *легкої* відносять галузі промисловості, які виробляють товари масового споживання: одяг, взуття, тканини, парфумерію та інше. *Харчова* промисловість об'єднує галузі, що виробляють продукти харчування. На рисунку 1.2 наведено структуру промисловості за видом продукції.

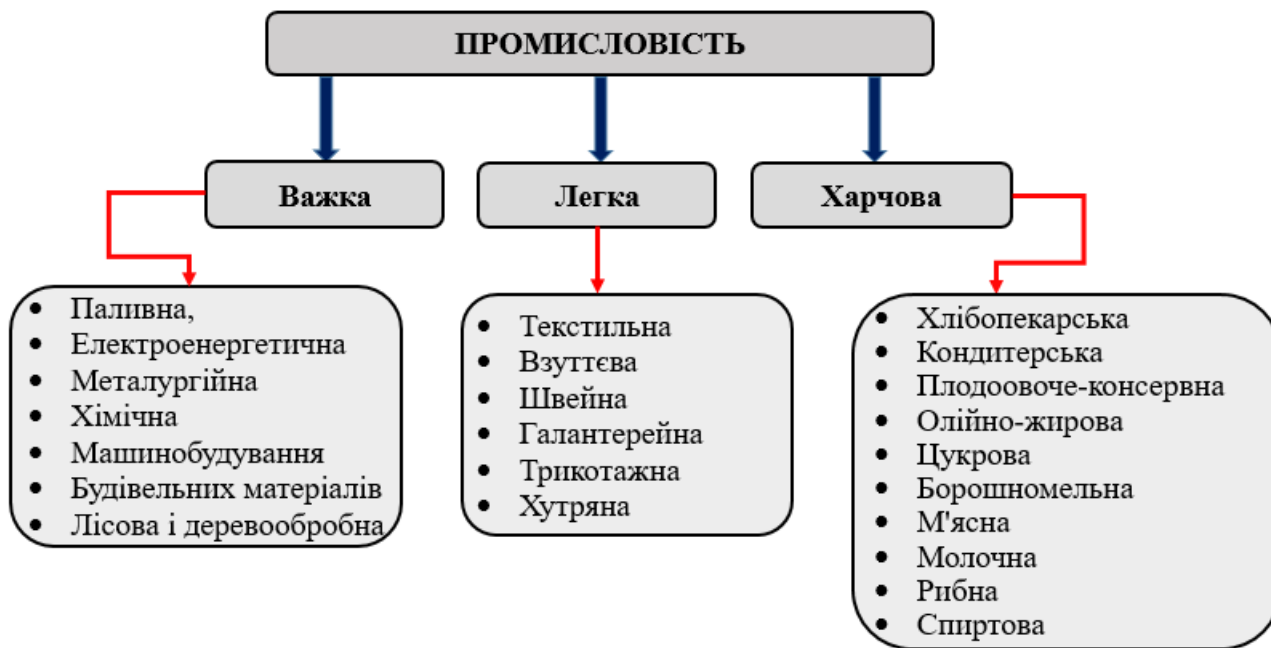


Рисунок 1.2 Структура промисловості за видом продукції

За використанням продукції галузі промисловості поділяють на групи: «А» і «Б»:

– група «А» включає галузі, які випускають засоби виробництва, а саме, галузі важкої і деякі галузі легкої промисловості;

– група «Б» включає галузі, які випускають товари споживання, а саме, деякі галузі важкої, легкої і харчова промисловості.

У галузевій структурі промисловості України провідне місце традиційно займала важка промисловість, що складала до 70 %. Її значне переважання над виробництвом товарів масового споживання постійно приводило до проблем із забезпеченням населення продукцією легкої і харчової промисловості.

За останні роки в усіх галузях промисловості відбулося значне скорочення виробництва продукції, але найбільше у машинобудуванні, хімічній, легкій промисловості. За умов покращення ринкових відносин Україна зможе поступово збільшує випуск конкурентоспроможної продукції. Для цього Україна має як значні природні ресурси, так і висококваліфіковані кадри. Вже зараз багато промислових виробів, таких як метал, літаки, ракетносії, тканини, швейні вироби, продовольчі товари тощо користуються великим попитом на світовому ринку.

Крім галузевої структури національного господарства розглядають його територіальну структуру. Під *територіальною структурою господарства* (господарського комплексу) розуміють сукупність територіальних елементів господарства або окремих галузей, які знаходяться в складній взаємодії та певним чином взаємо розміщенні та поєднані. Елементами територіальної структури є: промислові пункти, центри, вузли, райони, сільськогосподарські зони, транспортні магістралі, соціально-економічні райони тощо.

Первинною ланкою виробничої сфери є *підприємство*. Особливості підприємств, взаємозв'язки між ними, їхнє розміщення значною мірою визначаються *формами суспільної організації виробництва*. Таких форм виділяють декілька: *концентрація, спеціалізація, кооперування, комбінування, диверсифікація і комплексування*.

Концентрація – це процес зосередження виробництва на великих підприємствах. Зростання концентрації виробництва відбувається за рахунок розширення діючих підприємств, будівництва нових великих підприємств або об'єднання кількох малих. Економічний ефект при цій формі організації виробництва забезпечується за рахунок зменшення затрат на одиницю продукції, збільшення фінансових можливостей для модернізації підприємства і т. ін. Так, використання потужніших у 2-3 рази енергоблоків електростанцій призводить до збільшення продуктивності праці (кількості виробленої продукції на одиницю часу) одного робітника у 2-2,5 рази. Однак надмірна концентрація виробництва призводить до негативних наслідків через зростання відстані перевезень сировини і готової продукції. В сучасних умовах ефективними можуть бути малі і середні підприємства, тому що їх легше переорієнтувати на випуск конкурентоспроможної продукції.

Спеціалізація – це звуження профілю підприємства, орієнтація на виготовлення певного продукту, його частини або обмеження його діяльності окремою стадією послідовного технологічного ланцюга. Розрізняють *три форми спеціалізації виробництва: предметну, подетальну і постадійну*:

- *предметна спеціалізація* – виробництво певних готових (зазвичай, нескладних) виробів на окремих підприємствах;

- *подетальна спеціалізація* – це виготовлення окремих вузлів, деталей, агрегатів на промислових підприємствах, вона є найбільш поширеною в машинобудівних галузях;

- *постадійна спеціалізація* – це послідовне виробництво напівфабрикатів, деталей чи вузлів на різних підприємствах, кожне з яких виконує певну стадію обробки або ж спеціалізується на окремій стадії технологічного процесу. Ця спеціалізація поширена у машинобудуванні (наприклад, відливання заготовок, їх механічна обробка та покриття деталей), а особливо в кольоровій металургії (видобуток бокситів – виробництво глинозему – виплавка алюмінію – виробництво прокату), в нафтохімічній промисловості.

Кооперування – це регулярні, спеціально зумовлені зв'язки між спеціалізованими підприємствами, які є надзвичайно важливим чинником комплексного розвитку національного господарства як у цілому, так і на окремих територіях. Кооперування найбільш розвинуте у галузях, що

виробляють складну продукцію, особливо у машинобудуванні. На автомобільних заводах 40-60 % загального обсягу продукції становить та, що надходить із суміжних підприємств. Особливо це вигідно, коли кооперовані підприємства розміщені близько, що зменшує транспортні затрати.

Комбінування – це поєднання на одному підприємстві (комбінаті) кількох виробництв, що можуть належати до різних галузей промисловості. Комбінування ґрунтується на основі комплексної переробки вихідної сировини, відходів виробництва або послідовній технологічній обробці сировини. Комбінування найхарактерніше для металургійного, хіміко-індустріального та лісовиробничого комплексів.

Диверсифікація виробництва – це процес його кількісного та якісного урізноманітнення. Ця форма характерна для великих підприємств, які повільно реагують на зміну попиту. Тоді паралельно з випуском основної продукції розгортається виробництво іншої продукції, яка користується попитом. Прикладом такого підприємства виступає «Південмаш» у місті Дніпро, на якому паралельно з виробництвом ракетної техніки налагоджено випуск колісних тракторів, тролейбусів, побутової техніки та ін.

Комплексування виробництва – це встановлення ефективних виробничих зв'язків між окремими підприємствами різних галузей. Ці підприємства можуть послідовно переробляти сировину, взаємно постачати матеріали і готову продукцію, використовувати спільну виробничу інфраструктуру (складські приміщення, системи водо-, газо-, теплопостачання, транспортні шляхи). В результаті дії цієї форми суспільної організації формуються промислові комплекси.

На території України промисловість розміщена нерівномірно. Основними елементами її територіальної структури є *промислові пункти, центри, вузли, агломерації і райони*.

Промисловий пункт – населений пункт, в якому є тільки одне промислове підприємство.

Промисловий центр – населений пункт, в якому розміщено декілька промислових підприємств, не поєднаних між собою виробничими зв'язками.

Промисловий вузол – один або декілька близько розташованих промислових центрів, в яких розміщені підприємства, що мають між собою тісні виробничі та економічні зв'язки. При наявності значного центру вузол може перетворитися на промислову агломерацію. Поєднанням вузлів та агломерацій, що мають взаємозв'язки, на певній території утворюється промисловий район.

На розміщення підприємств і установ господарського комплексу країни впливають певні чинники, які зумовлюють найефективніше функціонування їх у даному місці, найменші затрати на виробництво і транспортування продукції. Ці чинники називають *факторами розміщення господарства* (рис. 1.3):

- *природні* (паливний, сировинний, водний, природних умов);
- *техніко-економічні* (енергетичний, сировинних ресурсів, транспортний, споживчий, економіко-географічного положення, виробничої інфраструктури);

– демосоціальні (трудових ресурсів, споживчий, соціальної інфраструктури).



Рисунок 1.3 Фактори розміщення господарства

Природні – включають економічну оцінку природних умов і ресурсів для розвитку окремих галузей і територій. *Техніко-економічні* – включають економічні, що передбачають заходи з охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування. *Демосоціальні* – демографічні, під якими розуміються системи розселення, забезпеченість окремих територій країни трудовими ресурсами. Велику роль у раціональному розміщенні виробництв країни відіграють економіко-географічний та екологічний чинники.

Сировинний чинник визначає матеріаломісткість виробництва, тобто витрату сировини на одиницю готової продукції. До галузей з найбільш високими показниками матеріаломісткості належать: виробництво металів, калійних добрив, соди, целюлози та паперу, фанери, цементу, цукру. Тому при їх розміщенні необхідно правильне визначення районів споживання готової продукції і витрат на її перевезення.

Під сировинним у першій групі необхідно розуміти природну сировину, а в другій групі – матеріали, які виготовлені на підприємствах (метал, пластмасу), що йдуть на подальшу переробку. Споживчий фактор у групі техніко-економічних факторів стосується підприємств-споживачів, а у групі демосоціальних факторів населення.

Паливний чинник має важливе значення для виробництва хімічної продукції, кольорових металів (особливо алюмінію), шовку, де загальні витрати

електроенергії більші, ніж на сировину і матеріали. Енергетичний чинник є значною складовою в металургійному, хімічному та нафтохімічному виробництвах. У них сумарна потреба в енергоресурсах унаслідок великих обсягів виробництва дуже значна. Тому паливно- та енергоємні виробництва найбільш ефективно розвивати в районах багатих і дешевих енергоресурсів.

Водний чинник відіграє значну, а в деяких випадках і вирішальну роль при розміщенні хімічних, целюлозно-паперових, текстильних підприємств, виробництва чорних металів та електроенергії. Витрати на всі водогосподарські заходи (водопостачання, водовідведення та очищення стічних вод) становлять від 1 % до 25 % вартості продукції. Тому такі виробництва намагаються розміщувати в регіонах, де вартість 1 м³ прісної води мінімальна.

Чинник *природних умов* відіграє особливу роль, оскільки безпосередньо пов'язаний з раціональним використанням природних ресурсів і забезпеченням належних життєвих умов для людей. Значне антропогенне забруднення навколишнього природного середовища, негативні наслідки цього для здоров'я людини зумовили нагальну потребу урахування цього чинника в розміщенні виробництва.

Чинник *трудових ресурсів* ураховує витрати праці людини на виготовлення продукції і має важливе значення при розміщенні підприємств з виробництва машин та обладнання (зокрема, приладобудування), тканин, одягу та взуття, а також найбільших підприємств інших галузей. Тому після визначення показника трудомісткості продукції, при розміщенні підприємств з урахуванням даного чинника доцільно орієнтуватися на абсолютну потребу кожного підприємства в робочій силі.

Споживчий чинник проявляється в наближенні виробництва до місць споживання готової продукції. Ця потреба виникає тоді, коли готовий продукт не можна перевозити на великі відстані через характерні для нього споживчі властивості (хліб, борошно, кондитерські вироби (торти, тістечка), молочні продукти, а також сірчана кислота, теплова енергія електростанцій) або коли товар порівняно дешевий і перевезення на великі відстані може значно збільшити його вартість (залізобетон, цегла та інші будівельні матеріали).

Також цей чинник є пріоритетним, коли масове споживання готової продукції концентрується у великих містах, а сировина транспортується легко (виробництво одягу, взуття, вироби з пластмас, меблі, соняшникова олія, м'ясо, нафтопродукти). Сюди також можна віднести виробництво фосфатних і азотних добрив з газу, яке розміщується в районах сільського господарства, виробництво сільськогосподарських машин, адже перевезення коштує дорожче, ніж сировина для їх виробництва.

Транспортний чинник у наш час має дуже важливе значення, особливо для країн з великою територією, оскільки він підсилює дію інших чинників. Незважаючи на удосконалення транспортних засобів та шляхів, що знижує витрати на перевезення, для низки виробництв його складова у структурі витрат нерідко дуже висока (від 20% – руди чорних металів до 40% – будівельні матеріали). Порівняно дешеві вантажі (пісок, щебінь, вугілля, руди металів) перевозити на великі відстані не вигідно, тому що транспортні витрати стають

порівнянними з вартістю продукції, а можуть і перевершити її. І від розмірів транспортних витрат розміщення виробництва тяжіє або до сировини, або до споживача. А, наприклад, у вартості дорогих вантажів (цукор, машини, бавовна, вовна, шовк) частка транспортних витрат не перевищує 1-1,5%.

Дешеві вантажі доцільно перевозити водним і трубопровідним транспортом. Але водні шляхи не завжди прокладені там, де це зручно, тому значні перевезення вантажів здійснюються залізничним та автомобільним транспортом. При цьому сипучі будівельні матеріали та корисні копалини, деревину, деякі види сільськогосподарської продукції перевозять переважно залізницею, а малогабаритні – автомобільним транспортом. Вантажі далекого перевезення відправляються, зазвичай, залізницею, а близького – автомобільним транспортом.

Чинник *економіко-географічного* положення – один із видів загального географічного положення – визначає положення певного економіко-географічного об'єкта щодо інших об'єктів, які мають для нього господарське значення (транспортних шляхів, державних кордонів, населених пунктів, джерел сировини та енергії).

Під *інфраструктурою підприємства* розуміють комплекс цехів, господарств і служб підприємства, які забезпечують необхідні умови для функціонування підприємства в цілому.

Розрізняють *виробничу та соціальну інфраструктури*.

Виробнича інфраструктура підприємства – це сукупність підрозділів, які прямо не беруть участі у створенні профільної (основної) продукції, але своєю діяльністю створюють необхідні умови для успішного функціонування основних виробничих цехів.

Виробнича інфраструктура включає:

- допоміжні та обслуговуючі цехи (дільниці) та господарства;
- комунікаційні мережі, магістральні об'єкти;
- засоби збору та обробки інформації;
- природоохоронні споруди.

Функціонування *виробничої інфраструктури* суттєво відрізняється від діяльності основних підрозділів підприємства. Його особливості полягають у тому, що результат діяльності інфраструктури являє собою послугу виробничого характеру, її продукція не існує самостійно, поза виробничим процесом. Особливістю елементів виробничої інфраструктури є також їх територіальна незалежність. Так як процес споживання послуг безпосередньо пов'язаний із процесом виробництва, то концентрація об'єктів інфраструктури в одному місці не може компенсувати їх нестачу в іншому.

Чинник *соціальної інфраструктури* – комплекс галузей, які безпосередньо пов'язані зі створенням загальних умов для відтворення робочої сили і забезпечення нормальної життєдіяльності людей. Ця сфера охоплює освіту, охорону здоров'я, житлово-комунальне господарство, пасажирський транспорт і зв'язок, культуру, побутове обслуговування.

Усі ці чинники взаємопов'язані й мають безпосередній або опосередкований вплив на розвиток і розміщення окремих підприємств, галузей,

секторів, а також на територіальну організацію господарства окремих регіонів та країни загалом. Тому при розміщенні окремих галузей виробництва, сільського господарства, транспорту та інших необхідно враховувати сукупність усіх груп чинників, але водночас слід виділяти ті, що особливо впливають як на розміщення виробництва окремих галузей, так і на формування територіальних пропорцій.

У процесі розвитку суспільства, при плануванні будівництва нових підприємств держава має певні загальні інтереси, які часто не узгоджуються з факторами розміщення окремої галузі. Нею розробляються певні принципи територіальної організації промисловості, сільського господарства, транспорту, сфери послуг. Це головні напрямки розвитку господарства і суспільства в цілому стосовно їхнього розміщення або принципи територіальної політики держави.

Існують такі *принципи* розміщення господарства:

1. Наближення виробництва до джерел сировини, палива, енергії, районів споживання готової продукції й зосередження трудових ресурсів.
2. Вирівнювання умов життя людей всіх регіонів країни, активніше освоєння нових чи пожвавлення розвитку депресивних районів.
3. Комплексний розвиток і раціональне поєднання різних галузей виробництва та сфери послуг.
4. Врахування екологічних проблем.
5. Активізація розвитку малих і середніх міст.
6. Врахування міжнародних зв'язків.
7. Максимальне врахування досягнень науково-технічного прогресу.

Деякі з цих принципів розміщення господарства не узгоджуються з факторами і призводять спочатку до зростання собівартості продукції й послуг. Однак у країнах з ринковою економікою через надання пільгових кредитів, зниження податків, заохочують підприємців споруджувати нові господарські об'єкти там, де зацікавлена держава.

1.2 Контрольні запитання

1. Дайте визначення поняттю промисловість.
2. Які дві складові включає промисловість? Дайте їм визначення.
3. Як об'єднуються галузі промисловості за видом продукції?
4. Дайте визначення та пояснення діяльності важкої промисловості.
5. Дайте визначення та пояснення діяльності легкої промисловості.
6. Дати визначення та пояснення діяльності харчової промисловості.
7. Назвати усі види промисловості за видом продукції, що можна віднести до важкої промисловості.
8. Назвати усі види промисловості за видом продукції, що можна віднести до легкої промисловості.
9. Назвати усі види промисловості за видом продукції, що можна віднести до харчової промисловості.
10. На які групи поділяється промисловість за використанням продукції?

11. Що розуміють під *територіальною структурою господарства* (господарського комплексу)?
11. Що виступає первинною ланкою виробничої сфери?
12. Чим визначаються особливості підприємств, взаємозв'язки між ними, їхнє розміщення?
13. Які виділяють форми суспільної організації виробництва?
14. Дати визначення *концентрації*, як формі суспільної організації виробництва.
15. Дати визначення *спеціалізації*, як формі суспільної організації виробництва.
16. Дати визначення *кооперуванню*, як формі суспільної організації виробництва.
17. Дати визначення *комбінуванню* як формі суспільної організації виробництва.
18. Дати визначення *диверсифікації*, як формі суспільної організації виробництва.
19. Дати визначення *комплексуванню*, як формі суспільної організації виробництва.
20. Назвати форми спеціалізації виробництва.
21. Назвати чинники, що є факторами розміщення господарства. Навести приклади.
22. Наведіть приклади природних, техніко-економічних та демосоціальних чинників розміщення виробництва.
23. В чому полягає роль *споживчого* чинника розміщення виробництва?
24. В чому полягає роль *виробничої та соціальної інфраструктури*, як чинника розміщення виробництва?
25. Оберіть приклад підприємства у вашому населеному пункті (вашій місцевості). Укажіть чинники, що враховувалися при визначенні місця його розташування.
26. Які основні принципи розміщення господарства?

1.3 Тестові запитання

Тест 1. Форми організації виробництва

1. Чим займається *видобувна* промисловість?
 - а) обробкою сировини ☐;
 - б) переробкою сировини ☐;
 - в) видобутком різних видів палива і сировини з надр Землі ☐;
 - г) переробкою напівфабрикатів ☐.
2. Чим займається *обробна* промисловість?
 - а) обробкою чи переробкою сировини і напівфабрикатів ☐;
 - б) видобутком різних видів палива з надр Землі ☐;
 - в) видобутком різних видів сировини з надр Землі ☐;
 - г) доставкою різних видів палива і сировини ☐.

3. У яку промисловість об'єднують галузі за *видом продукції*, що випускається? (обрати зайву відповідь)

- а) важку промисловість ☐;
- б) транспортну промисловість ☐;
- в) легку промисловість ☐;
- г) харчову промисловість ☐.

4. До якої промисловості відносять галузі, що виробляють сировину, паливо, знаряддя праці?

- а) легкої промисловості ☐;
- б) важкої промисловості ☐;
- в) харчової промисловості ☐;
- г) машинобудівної промисловості ☐.

5. До якої промисловості відносять галузі, що виробляють товари масового споживання: одяг, взуття, тканини, парфумерію та інше?

- а) легкої промисловості ☐;
- б) важкої промисловості ☐;
- в) харчової промисловості ☐;
- г) машинобудівної промисловості ☐.

6. До якої промисловості відносять галузі, що виробляють продукти харчування?

- а) легкої промисловості ☐;
- б) важкої промисловості ☐;
- в) харчової промисловості ☐;
- г) машинобудівної промисловості ☐.

7. За видом продукції хімічна промисловість відноситься до...?

- а) легкої промисловості ☐;
- б) важкої промисловості ☐;
- в) харчової промисловості ☐;
- г) видобувної промисловості ☐.

8. За видом продукції галантерейна промисловість відноситься до...?

- а) легкої промисловості ☐;
- б) важкої промисловості ☐;
- в) харчової промисловості ☐;
- г) видобувної промисловості ☐.

9. За видом продукції молочна промисловість відноситься до...?

- а) легкої промисловості ☐;
- б) важкої промисловості ☐;
- в) харчової промисловості ☐;
- г) видобувної промисловості ☐.

10. Вказати всі можливі *форми суспільної організації виробництва*.

а) концентрація, спеціалізація, кооперування, комбінування, ☐;
диверсифікація і комплексування

б) концентрація, спеціалізація, комбінування, диверсифікація і ☐;
комплексування

в) спеціалізація, кооперування, комбінування, диверсифікація і ☐;
комплексування

г) концентрація, спеціалізація, кооперування, комбінування і ☐.
комплексування

11. Яка форма суспільної організації виробництва визначає процес зосередження виробництва на великих підприємствах?

а) концентрація ☐;

б) спеціалізація ☐;

в) кооперування ☐;

г) комбінування ☐.

12. Яка форма суспільної організації виробництва визначає процес звуження профілю підприємства, орієнтація на виготовлення певного продукту, його частини або обмеження його діяльності окремою стадією послідовного технологічного ланцюга?

а) концентрація ☐;

б) спеціалізація ☐;

в) кооперування ☐;

г) комбінування ☐.

13. Яка форма суспільної організації виробництва визначає регулярні, спеціально зумовлені зв'язки між спеціалізованими підприємствами, які є надзвичайно важливим чинником комплексного розвитку національного господарства як у цілому, так і на окремих територіях?

а) концентрація ☐;

б) спеціалізація ☐;

в) кооперування ☐;

г) комбінування ☐.

14. Яка форма суспільної організації виробництва визначає поєднання на одному підприємстві (комбінаті) кількох виробництв, що можуть належати до різних галузей промисловості?

а) концентрація ☐;

б) спеціалізація ☐;

в) кооперування ☐;

г) комбінування ☐.

15. Яка форма суспільної організації виробництва визначає процес його кількісного та якісного урізноманітнення?

- а) концентрація ☐;
- б) спеціалізація ☐;
- в) кооперування ☐;
- г) диверсифікація ☐.

16. Яка форма суспільної організації виробництва визначає встановлення ефективних виробничих зав'язків між окремими підприємствами різних галузей?

- а) концентрація ☐;
- б) спеціалізація ☐;
- в) кооперування ☐;
- г) комплексування ☐.

17. До якої форми *спеціалізації* відноситься виробництво певних готових (зазвичай, нескладних) виробів на окремих підприємствах?

- а) предметної ☐;
- б) подетальної ☐;
- в) постадійної ☐;
- г) операційної ☐.

18. До якої форми *спеціалізації* відноситься виготовлення окремих вузлів, деталей, агрегатів на промислових підприємствах?

- а) предметної ☐;
- б) подетальної ☐;
- в) постадійної ☐;
- г) операційної ☐.

19. До якої форми *спеціалізації* відноситься послідовне виробництво напівфабрикатів, деталей чи вузлів на різних підприємствах, кожне з яких виконує певну стадію обробки або ж спеціалізується на окремій стадії технологічного процесу?

- а) предметної ☐;
- б) подетальної ☐;
- в) постадійної ☐;
- г) операційної ☐.

20. До якого основного елементу територіальної структури відноситься населений пункт, в якому є тільки одне промислове підприємство?

- а) промисловий пункт ☐;
- б) промисловий центр ☐;
- в) промисловий вузол ☐;
- г) агломерація ☐.

21. До якого основного елементу територіальної структури відноситься населений пункт, в якому розміщено декілька промислових підприємств, не поєднаних між собою виробничими зв'язками?

- а) промисловий пункт ☐;
- б) промисловий центр ☐;
- в) промисловий вузол ☐;
- г) агломерація ☐.

22. До якого основного елементу територіальної структури відноситься один або декілька близько розташованих промислових центрів, в яких розміщені підприємства, що мають між собою тісні виробничі та економічні зв'язки?

- а) промисловий пункт ☐;
- б) промисловий центр ☐;
- в) промисловий вузол ☐;
- г) агломерація ☐.

23. Які факторами розміщення господарства, зумовлюють найефективніше функціонування їх у даному місці, найменші затрати на виробництво і транспортування продукції? (обрати зайвий фактор)

- а) природні ☐;
- б) техніко-економічні ☐;
- в) демосоціальні ☐;
- г) географічні ☐.

24. До якого основного елементу територіальної структури відноситься один або декілька близько розташованих промислових центрів, в яких розміщені підприємства, що мають між собою тісні виробничі та економічні зв'язки?

- а) промисловий пункт ☐;
- б) промисловий центр ☐;
- в) промисловий вузол ☐;
- г) агломерація ☐.

25. Які факторами розміщення господарства, зумовлюють найефективніше функціонування їх у даному місці, найменші затрати на виробництво і транспортування продукції? (обрати зайвий фактор)

- а) природні ☐;
- б) техніко-економічні ☐;
- в) демосоціальні ☐;
- г) географічні ☐.

2. Основні поняття та визначення машинобудівного виробництва

Машинобудування – важлива галузь промисловості. Її продукція – машини різного призначення поставляються усім галузям промисловості, сільського господарства, транспорту, визначаючи рівень їх розвитку.

Процес створення машин поділяється на *два етапи*. *Перший етап* включає розробку конструкції машини з оформленням відповідних креслень. *Другий етап* включає розробку та реалізацію виробничих процесів виготовлення деталей та збірки машин, що складає основну задачу технології машинобудування. Розвиток технологій виготовлення деталей та збірки машин визначає їх якість і затрати на виробництво.

2.1 Сучасний стан машинобудування

Сьогодні *машинобудування* – головна галузь світової промисловості. Машинобудування є основою економіки будь-якої країни і грає вирішальну роль в створенні і оновленні її матеріально-технічної бази. Йому належить виключно важлива роль в прискоренні науково-технічного прогресу, який спрямований на впровадження прогресивних форм організації виробництва, безперервний розвиток і вдосконалення засобів виробництва, створення принципово нових машин та технологічних процесів.

Машинобудування займає перше місце серед галузей промисловості по вартості світової промислової продукції – близько 38 %, а також займає провідне місце в міжнародних економічних зв'язках та є найбільш трудомістким. Особливо виробництво, що випускає складну техніку (приладобудування, аерокосмічна галузь тощо). Воно в найбільшій мірі сприяє поглибленню спеціалізації і кооперації в світовому виробництві.

Провідна тенденція розвитку машинобудування – зростання обсягів виробництва при поглибленні спеціалізації і кооперації різних машинобудівних галузей і як результат розширення сфер застосування та покращення споживчих властивостей продукції.

Машинобудування має найскладніший галузевий склад – понад 300 різних галузей виробництва, який постійно змінюється. Новітні галузі переходять в нові, а потім стають загальноприйнятими. Їх заміняють інші новітні галузі.

В світі є величезний попит на продукцію машинобудування, який постійно зростає. Асортимент машинобудівної продукції налічує декілька мільйонів найменувань і є найширшим з усіх галузей промисловості. При цьому продукція машинобудівної галузі різна за масовістю виробництва. Наприклад, бурових установок виробляється декілька сотень на рік, літаків – близько 1000 одиниць на рік, металорізючих верстатів понад 1 млн шт., автомобілів близько 50 млн шт., а електронної техніки до 200 мільйонів одиниць рік.

Однією з умов розвитку машинобудування є забезпечення його висококваліфікованою робочою силою, як робочих, так і інженерно-технічних спеціальностей; наявність певного рівня виробничої культури, центрів

наукових досліджень та розробок. *Машинобудування* – одна з найбільш наукоємних галузей промисловості – досягнення науково-технічного прогресу передусім впроваджуються в виробництвах машинобудування. Близькість до сировинної бази необхідна тільки для деяких галузей важкого машинобудування – металургія, гірничо-шахтне і гірничо-рудне.

Галузевий склад машинобудування поділяється на три групи: загальне, транспортне, точне (рис. 2.1).

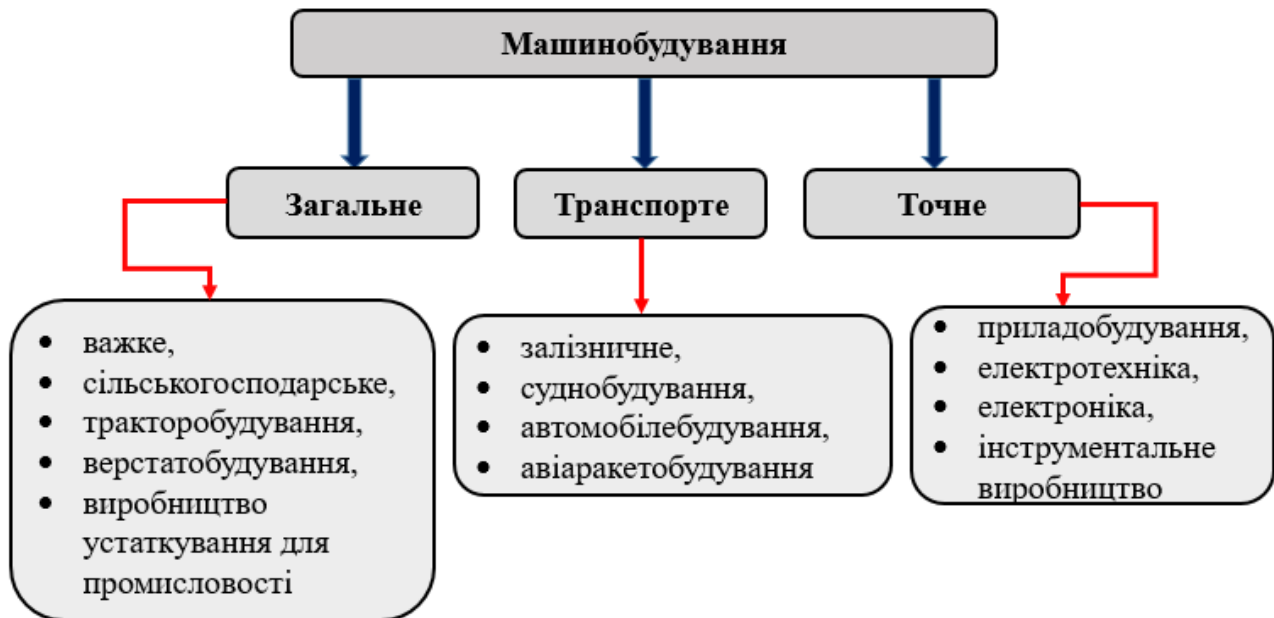


Рисунок 2.1 Галузевий склад машинобудування [17]

Загальне – машинобудування, до якого належать верстатобудування, важке машинобудування (металургійне, гірниче, хімічне, нафтогазове та інше), сільськогосподарське, атомне та інші галузі. Воно відрізняється такими властивостями, як різноманітність серійності продукції (від одиничних екземплярів до масового випуску) та тісним зв'язком з іншими галузями промисловості і сільського господарства.

Транспортне – машинобудування, яке має галузі:

- автомобілебудування – провідна галузь транспортного машинобудування, яка відрізняється високою концентрацією виробництва. 90 % автомобілів випускають 10 великих компаній, сконцентрованих у США, Японії, Південній Кореї та Євросоюзі. В галузі зайнято понад 60 млн виробничого персоналу;

- авіаракетно-космічна промисловість – є наукоємною, використовує складні технології, які висувають особливі вимоги до науково-виробничої бази та кваліфікації працівників. Її продукція випускається тільки крупними компаніями. Склад галузі складний – це виробництво літаків, гелікоптерів, авіадвигунів, авіоніки (електронного та навігаційного обладнання літальних апаратів), ракетобудування, виробництво космічних апаратів. Найбільш потужною авіакосмічною промисловістю володіє США.

- суднобудування відрізняється високою матеріаломісткістю та трудоемністю виробництва; відстежується тенденція зменшення частки

пасажирського транспорту та зростання спеціального (танкери, контейнеровози, науково-дослідні судна тощо). Центр суднобудування перемістився з Європи та США в Азію (Японія, Корея, Китай). Зокрема Японія та Південна Корея випускають понад 50 % світового виробництва морських суден.

- залізничне обладнання – найстаріша галузь транспортного машинобудування, яка випускає локомотиви, вантажні вагони, цистерни, пасажирські вагони та інше. Центр цієї галузі машинобудування поступово зміщується в Азію.

Точне машинобудування – найбільш наукоємна галузь машинобудування, яка швидко прогресує. Висока концентрація виробництва в США, Японії (ці дві країни випускають близько 90 % мікросхем), Корея, Тайвань, Китай. Електроніка розвивається в напрямі мініатюризації виробів, підвищення їхньої надійності і довговічності.

Ключова роль у розвитку машинобудівної продукції належить авіа ракетно-космічній промисловості, мікроелектроніці, робототехніці, атомно-енергетичній техніці, верстатобудуванню, важкому машинобудуванню, автомобілебудуванню. Більшість із цих галузей розвинута в Україні та має високий потенціал подальшого нарощування виробництва та конкурентоздатності на світовому ринку машинобудівної продукції.

Зокрема в Україні розвинуті автомобілебудування, електротехнічне машинобудування, сільськогосподарське машинобудування, тракторобудування, хімічне та нафтохімічне машинобудування, будівельно-дорожнє та комунальне машинобудування, приладобудування, машинобудування для легкої та харчової промисловості, виробництво побутових машин, верстатобудування та інструментальне машинобудування, авіабудування, гірничо-шахтне та гірничо-рудне машинобудування, залізничне машинобудування. Загалом машинобудівний комплекс України має значний інноваційний потенціал, значні можливості для формування нових і посилення наявних конкурентних переваг як на зовнішньому, так і на внутрішньому ринках, що дає впевненість у майбутньому машинобудівній галузі нашої країни.

2.2 Машинобудівна промисловість України

Виняткове значення машинобудівного комплексу полягає у тому, що вона дає знаряддя праці для матеріального виробництва і сфери послуг. Машинобудівний комплекс є основою для розвитку науково-технічного прогресу.

Машинобудування виникло в Україні у першій половині XIX ст. Першим промисловим машинобудівним підприємством України вважають машинобудівний комбінат на хуторі Дмитрівському Конотопського повіту (Чернігівщина), де з 1841 р. почали випускати сільськогосподарські машини, парові котли, устаткування для цукрових, текстильних і швейних підприємств. В кінці XIX ст. активно працювали Луганський та Харківський паровозобудівні заводи. У 1913 р. на українській території вироблялось 25 % всієї продукції машинобудування. На початку XX ст. акцент в розвитку машинобудування

робився на сільськогосподарському й транспортному машинобудуванні (виробництво паровозів, вагонів, суден). У післявоєнний час створено нові галузі – приладобудування, авіаційна електронна промисловість, виробництво обчислювальної техніки та ін.

Основною сировиною для машинобудування є продукція металургійного комплексу. Поряд з тим воно не може обійтися без великої кількості конструкційних матеріалів, які виробляють лісова, хімічна, легка галузі промисловості. Деякі види машинобудування (виробництво екскаваторів, устаткування для металургії тощо) потребують великої кількості металу; їх відносять до металомістких галузей комплексу. Підприємства машинобудування в Україні споживають третину виготовленого прокату, а також 40% чавунного та 2/3 сталевого литва. Більшість галузей машинобудівного комплексу необхідно віднести до трудомістких. Особливо це характерно для приладобудування, електронного машинобудування, де металу споживається мало, але необхідно затратити багато праці для виробництва продукції. На цих підприємствах зайнята велика кількість кваліфікованих трудових ресурсів.

Для машинобудування характерні спеціалізація і кооперування підприємств. Це зумовлено тим, що для виробництва більшості сучасних машин (літаків, комп'ютерів, телевізорів) потрібно десятки тисяч різноманітних деталей. Налагодити їхній випуск на одному підприємстві просто неможливо. Тому машинобудівні заводи часто мають вузьку спеціалізацію (подетальну й предметну). Машинобудівні підприємства повинні мати десятки, а то й сотні зв'язків з іншими підприємствами, які постачають деталі, сировину. Тобто, кооперування є необхідною формою організації виробництва у машинобудівному комплексі.

Технологічні особливості підприємств машинобудівного комплексу, що випускають дуже різноманітну продукцію, мають подібну структуру. Кожен завод має чотири основні цехи: ливарний, ковальсько-пресовий, механічний та складальний. У першому цеху з металів чи сплавів відливають різні деталі. У ковальсько-пресовому відбувається штампування деталей на пресах або кування з прокату чи злитків. Виготовлені в обох цехах деталі обробляють у механічному цеху на металообробних верстатах. Складають кінцеву продукцію з виготовлених на заводі чи привезених з інших підприємств деталей складальному цеху.

Галузевий склад, форми організації виробництва, технологічні особливості зумовлюють фактори, що визначають розміщення машинобудівельних підприємств. Основними серед них є: сировина (металургійна база), кваліфіковані трудові ресурси, транспортні шляхи і споживач. Підприємства машинобудівного комплексу побудовані переважно в містах, де є кваліфіковані трудові ресурси і перетинаються транспортні магістралі. До великих міст тяжіють особливо трудо- і наукомісткі галузі машинобудівного комплексу.

Виробництво сільськогосподарської техніки, обладнання для вугільної, нафтової, харчової промисловості орієнтується на споживача. Часто поєднуються декілька факторів розміщення машинобудівних підприємств.

Дуже мала залежність від природних умов і ресурсів визначила майже рівномірне розміщення машинобудування на території України.

Машинобудування є дуже складною галуззю, до якої входять декілька десятків спеціалізованих галузей. Залежно від продукції, що випускається, вони об'єднуються у групи: важке, транспортне, сільськогосподарське, точне машинобудування, верстатобудування.

Підприємства, що виробляють машини й устаткування для металургії, гірничодобувної, хімічної промисловості, паливно-енергетичного комплексу, відносять до важкого машинобудування. Виробництво продукції цієї галузі дуже зменшилось, її обсяги є незначними. Так, в 2004 р. було випущено лише 10 шахтних навантажувальних машин, 41 рудникових електровозів, 76 кранів, 99 мостових електричних кранів, 600 ковальсько-пресових машин. Через специфіку даного напрямку машинобудування, воно тяжіє до споживача та сировини. Підприємства підгалузі розміщені переважно на Донбасі та в Придніпров'ї. До найбільших належать Новокраматорський та Горлівський машинобудівні, Харківський турбінний заводи. Великими центрами важкого машинобудування є також Артемівськ, Дніпропетровськ, Донецьк, Луганськ, Кривий Ріг, Ясинувата. Підйомно-шахтне устаткування виробляють в Одесі, Львові, Харкові, Нікополі, Прилуках, Дніпропетровську, автотранспортні – у Львові, нафто-газове устаткування – у Чернівцях, Дрогобичі.

Транспортне машинобудування спеціалізується в Україні на виробництві майже всіх транспортних засобів. Тепловозобудування зосереджене в Луганську й Харкові. Промислові електровози випускають у Дніпропетровську. У Луганську налагоджується і виробництво трамваїв. Вантажні вагони виробляють у Стаханові, Дніпродзержинську, Кременчуку, цистерни – у Маріуполі, пасажирські вагони – у Харкові.

Розвинуте в нашій країні суднобудування, найбільшим центром якого є Миколаїв. Тут працюють три суднобудівні заводи, що випускають морські судна різного призначення. Центрами морського суднобудування є також Херсон, Одеса, Керч, а річкового – Київ, Запоріжжя, Херсон, Ізмаїл. У своєму розміщенні ця галузь орієнтується на споживача.

Літакобудування і виробництво космічної техніки - це наукомісткі галузі, які, орієнтуються на потужні конструкторські бюро. Основні центри літакобудування – Київ, Харків, а виробництва космічної техніки – Харків і Дніпропетровськ. Стратегічними партнерами в цій галузі для України є США, Німеччина, Франція.

Автомобілебудування орієнтується на можливості кооперування виробництва (вигоди транспортно-географічного положення) і трудові ресурси.

Автомобілебудування розвинуте у Львові (автобусний завод та завод автотранспортних засобів), Кременчуку (завод великовантажних автомобілів, де налагоджено й випуск мікроавтобусів "Івеко"), Запоріжжі (завод легкових автомобілів), Луцьку (завод легкових автомобілів), Мелітополі (моторний завод). Розпочато випуск тролейбусів у Львові, Дніпропетровську та Києві, автобусів малої місткості у Черкасах та Херсоні. Складання легкових автомобілів проводиться в Іллічівську, Сімферополі, Чернігові, Чопі, Мукачеві.

Виробництво мотоциклів та велосипедів сконцентровано в Чернігові, Харкові та Києві.

Підприємства точного машинобудування орієнтуються на кваліфіковані кадри.

Електротехнічне машинобудування, яке спеціалізується на випуску електричних двигунів, апаратів, приладів, кабелю та іншої продукції, що призначена для передачі і споживання електроенергії, репрезентоване заводами в Харкові, Києві, Запоріжжі, Полтаві, Львові, Миколаєві, Донецьку тощо.

Підприємства електронної й радіотехнічної промисловості розташовані переважно у великих містах, де зосереджені висококваліфіковані трудові ресурси, науково-дослідні інститути. Серед них виділяються: Львівські заводи телевізорів, кінескопів, Київські заводи телевізорів, магнітофонів, транзисторів, радіоприймачів, електронно-обчислювальних машин, а також заводи з виробництва телевізорів у Дніпропетровську і Сімферополі, електронних мікроскопів у Сумах. Розвиток радіоелектронної промисловості пов'язаний з конверсією багатьох підприємств колишнього ВПК. Зокрема на Дніпропетровському машинобудівному заводі почали випускати цифрові електронні АТС; на Роменському заводі АТС, ЗАТ «Моноліт» (Харків), Львівському завод телеграфічної апаратури налагоджено випуск комутаційного обладнання. Заводи «Оріон», «Сатурн» (Тернопіль) виробляють засоби мобільного зв'язку для залізничного транспорту і сателітарне телевізійне обладнання. Телефонну мережу України цифровими системами забезпечують Черкаський завод, завод «Прожектор» (Малин).

Найбільші центри верстато- і приладобудування в Україні зорієнтовані на райони й центри з розвинутим машинобудуванням, науково-дослідною та конструкторською базою. Їх виробництво зосереджено в містах Київ, Харків, Дніпропетровськ, Одеса, Краматорськ, Запоріжжя, Донецьк, Львів.

Основні підприємства тракторного і сільськогосподарського машинобудування розміщені в Харкові (тракторний завод), Дніпропетровську, Тернополі, Ромнах (бурякозбиральних комбайнів), Херсоні (кукурудзозбиральних комбайнів), Кіровограді (тракторних сівалок), Одесі (плугів і культиваторів), Хмельницькому (кормозбиральних комбайнів), Вінниці (тракторних агрегатів), Кременчуці, Чугуєві, Луганську, Білій Церкві (комплектуючі до тракторів). Колісні трактори випускають в Дніпропетровську. В Олександрії налагоджено випуск зернозбиральних комбайнів «Лан», а у Харкові – «Бізон». Загалом підприємства сільськогосподарського машинобудування тяжіють до споживача.

Багато підприємств цієї галузі різко зменшили випуск продукції в умовах економічної кризи та окремі поступово модернізуються і переоснащуються. Калинівський завод (Вінницька область) за допомогою Німеччини почав випускати нові сівалки (планова потужність - 3 тис. сівалок за рік, що повністю забезпечує потреби України). Невеликі підприємства з випуску сучасних зернозбиральних комбайнів, які відповідають західним аналогам, діють в Харкові, Бердянську, Херсоні.

Загалом підприємства машинобудівного комплексу рівномірно розміщені на території України. Особливо виділяються *вісім великих* машинобудівних центрів: Харків, Київ, Одеса, Дніпропетровськ, Запоріжжя, Львів, Донецьк, Луганськ.

Основні проблеми машинобудівного комплексу України пов'язані із необхідністю розвитку економічних зв'язків у постачанні комплектуючих, втратою традиційних ринків збуту продукції, орієнтацією підприємств на випуск продукції військового призначення, а також технічною відсталістю і низькою, порівняно з міжнародними стандартами, якістю виробів. Зараз важливо налагоджувати випуск різноманітних комплектуючих деталей усередині країни, урізноманітнювати асортимент і якість продукції, яка необхідна, перш за все, для власного споживання, а також має важливе експортне значення [27].

2.3 Виріб та його життєвий цикл

Виріб – продукт кінцевої стадії машинобудівного виробництва. Їм може бути машина, збірна одиниця (вузол), заготовка або деталь.

Машина – це механізм або поєднання механізмів, що виконують рух для перетворення енергії, матеріалів або виконання робіт. В даний час практично всі машини є мехатронними системами. Механічна частина цих систем виготовляється на машинобудівних підприємствах, електронна – на підприємствах електронної промисловості.

Заготовкою в машинобудівному виробництві називається виріб, що використовується для виготовлення деталі. Заготовку, що надходить на першу операцію механічної обробки, називають вихідної заготовкою.

Деталь – це виріб, виготовлений з однорідного по найменуванню і марці матеріалу, без застосування збірних операцій. Деталлями, наприклад, є: валик з одного шматка металу; литий корпус; пластина з біметалічного листа; маховичок із пластмаси (без арматури). Деталлями є ці ж вироби з покриттями (захисними або декоративними), а також вироби, виготовлені із застосуванням місцевого зварювання, пайки і склеювання, наприклад трубка, спаяна або зварена з одного шматка листового матеріалу.

Збірна одиниця – це виріб, складові частини якого підлягають з'єднанню на підприємстві-виробнику збірними операціями. Збірна одиниця може складатися з окремих деталей або із збірних одиниць більш високих порядків і деталей. Збірна одиниця першого порядку входить безпосередньо в машину. Вона може складатися з окремих деталей або із збірних одиниць другого порядку і деталей. Збірна одиниця другого порядку може включати збірні одиниці третього порядку і деталі і т. д. Збірна одиниця найвищого порядку складається тільки з окремих деталей.

Крім названих видів виробів, в машинобудуванні розрізняють *комплекси і комплекти*.

Комплекс – це два і більше специфіковані вироби, непоєднаних на підприємстві-виробнику збірними операціями, але призначених для виконання

взаємозалежних експлуатаційних функцій (наприклад, автоматична лінія з металорізальних верстатів, бурильна установка, корабель і ін.).

Комплект – це два і більше вироби, непок'єднаних на підприємстві-виробнику збірними операціями і представляють набір виробів, що мають загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру. (Наприклад, комплект запасних частин, комплект інструментів і т. ін.).

Вироби, в залежності від їх *призначення*, відносять до виробів *основного* і *допоміжного* виробництва. Перші призначені для реалізації, другі – для власних потреб підприємства.

Сукупність взаємопов'язаних процесів послідовної зміни стану виробу від формування вихідних вимог до закінчення його експлуатації прийнято називати *життєвим циклом* виробу.

Життєвий цикл машинобудівного виробу схематично показано на рисунку 2.2.

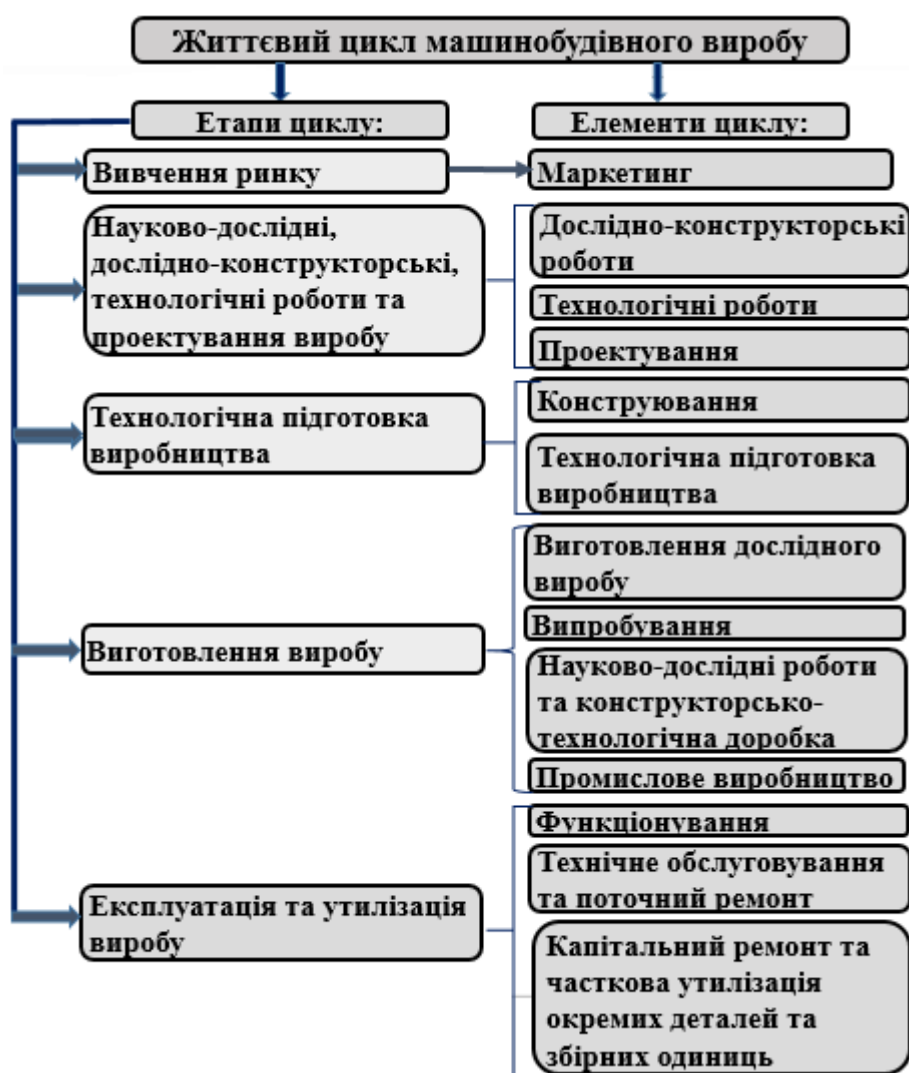


Рисунок 2.2 Життєвий цикл машинобудівного виробу

Спочатку підприємство вивчає ринок попиту на виріб і його споживчі властивості, далі виконує науково-дослідні, дослідно-конструкторські і технологічні роботи та проектування конкурентоспроможного виробу. Майже в

цей же час здійснюється конструкторська і технологічна підготовка виробництва. Конструкторська підготовка виробництва включає в себе розробку конструкції виробу і створення відповідної технічної документації (креслень, специфікацій і т. д.). Технологічна підготовка виробництва полягає у створенні технологічних процесів збірки виробу та виготовлення його деталей, у розробці конструкцій і виготовленні ріжучих і вимірювальних інструментів, пристосувань і іншого технологічного оснащення з оформленням відповідної документації. Паралельно з конструкторсько-технологічною підготовкою виробництва виготовляється дослідний зразок виробу, проводяться його випробування, а також здійснюються науково-дослідні роботи з метою вдосконалення конструкції дослідного зразка і технології його виробництва. Після завершення конструкторсько-технологічної підготовки виробництва починається серійний випуск виробу.

При експлуатації виробу здійснюється його технічне обслуговування і поточний ремонт, потім капітальний ремонт і часткова утилізація. При досягненні періоду фізичного або морального старіння виріб утилізують.

2.4 Якість виробу

Якість виробу – сукупність властивостей виробу, що обумовлюють його придатність задовольняти певні потреби відповідно до свого призначення.

Якість машинобудівних виробів оцінюють системою показників, які зазвичай поділяють:

- на показники технічного рівня;
- експлуатаційні показники;
- виробничо-технологічні показники (або показники технологічності конструкції).

Показниками технічного рівня виробів є: потужність, продуктивність, коефіцієнт корисної дії (ККД), точність, ступінь механізації та автоматизації, економічність, екологічність і т. д.

До експлуатаційних показників якості виробів відносять: надійність; ергономічну характеристику, тобто ступінь обліку комплексу гігієнічних, фізіологічних та інших потреб людини в системі людина – виріб (машина) – середовище; естетичну оцінку, тобто досконалість художньої композиції, зовнішнє оформлення виробу і ін.

Надійність – це комплексний показник, який включає в себе безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість. Надійність – це властивість виробу зберігати протягом певного часу у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції при заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування і транспортування.

Безвідмовність – властивість виробу безупинно зберігати працездатний стан протягом часу. Показником безвідмовності може бути, наприклад, середнє напрацювання на відмову.

Довговічність – властивість виробу зберігати працездатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту. Показником довговічності може бути, наприклад, середній термін служби.

Ремонтпридатність – властивість виробу, що полягає в його пристосованості до попередження, відшукування і усунення в ньому відмов і несправностей шляхом проведення технічного обслуговування і ремонту.

Збереженість – властивість виробу зберігати працездатний стан протягом і після зберігання та (або) транспортування.

Виробничо-технологічні показники якості виробів (Показники технологічності) відображають технологічну раціональність конструкції виробу.

Під технологічністю розуміють сукупність властивостей конструкції виробу, що визначають її пристосованість до досягнення оптимальних витрат при виробництві, технічне обслуговування і ремонт для заданих показників якості, обсягу випуску і умов виконання робіт. Технологічність конструкцій виробів оцінюють якісно («добре» – «погано», «раціонально» – «нераціонально», «технологічно» – «не технологічно») і кількісно.

Основними кількісними показниками технологічності конструкції виробу є трудомісткість, матеріаломісткість і собівартість.

Трудомісткість виготовлення виробу являє собою витрати праці на виконання технологічних процесів його виготовлення.

Матеріаломісткість виробу – це витрата матеріалу, необхідного на його виробництво і експлуатацію.

Собівартість виробу включає в себе витрати підприємства на виготовлення одиниці продукції, виражені в грошовій формі.

Відпрацювання виробів на технологічність проводиться при конструюванні, тобто виконується конструкторами. Технологи, розробляючи технологічні процеси виготовлення виробів, здійснюють технологічний контроль конструкторської документації на відповідність вимогам технологічності.

Найважливішим показником якості виробів є їх геометрична точність. Точність деталі характеризується допусками розмірів, форми і розташування поверхонь. Точність виробів характеризується точністю відносного руху або положення працюючих поверхонь. Вона залежить від точності деталей і збірки цих виробів. Точність виробів машинобудування неухильно зростає. З підвищенням швидкості машин неминує зростають динамічні навантаження на деталі і знижується їх довговічність. Зменшити ці навантаження можна шляхом підвищення точності деталей і збірки машин. При незмінних умовах експлуатації підвищення точності виробів збільшує їх надійність.

Точність виробів має велике значення і для самого процесу їх виробництва. Підвищення точності деталей збільшує рівень взаємозамінності і усуває пригін при збірці машин. Підвищення точності вихідних заготовок знижує обсяг механічної обробки і здешевлює її.

У машинобудуванні вирішуються два основних завдання стосовно точності:

- встановлюється необхідна точність машини і її деталей;
- забезпечується досягнення цієї точності при виробництві машин.

Перше завдання вирішується конструкторами, друге – технологами. Встановлення необхідної точності є відповідальним етапом в роботі конструкторів. Воно проводиться на основі аналізу умов роботи машини з урахуванням динамічних явищ, досвіду експлуатації машин аналогічного типу, геометричного аналізу і розрахунку розмірних ланцюгів, а також на основі спеціально поставлених експериментів і випробувань дослідних зразків виробів.

Технологи для досягнення встановленої точності розробляють відповідні технологічні процеси виготовлення деталей і збірки машин, визначають необхідні методи і засоби технічного контролю точності, аналізують фактичну точність виготовлення виробів, виявляють при необхідності причини утворення неприпустимих похибок їх виготовлення і вишуковують шляхи підвищення точності виробів.

2.5 Виробничий і технологічний процеси

Виробничий процес – це сукупність всіх дій людей і знарядь праці, необхідних на даному підприємстві для виготовлення та ремонту виробів. Він охоплює: підготовку засобів виробництва і організацію обслуговування робочих місць; отримання і зберігання матеріалів і напівфабрикатів; всі стадії виготовлення деталей машин; збірку виробів; транспортування матеріалів, заготовок, деталей і готових виробів; технічний контроль на всіх стадіях виробництва; упаковку готових виробів і інші дії, пов'язані з виготовленням виробів. Найважливішим елементом виробничого процесу є технічна підготовка виробництва, що включає в себе його конструкторську і технологічну підготовку, а також календарне планування виробництва.

Технологічним процесом називають частину виробничого процесу, яка містить цілеспрямовані дії по зміні і (або) визначення стану предмета праці. До предметів праці належать різні види виробів.

Технологічні процеси *в залежності від змісту* діляться на: процеси механічної обробки, зборки, лиття, термічної обробки, нанесення покриттів і інше.

Для реалізації будь-якого технологічного процесу необхідна сукупність знарядь праці, які називаються засобами технологічного оснащення (ЗТО).

Засобами технологічного оснащення (ЗТО) діляться на: *технологічне обладнання і технологічне оснащення*.

Технологічне обладнання – це засоби технологічного оснащення, в яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщують матеріали та заготовки, а також засоби впливу на них. Прикладами технологічного обладнання є металообробні верстати, преси, ливарні машини, печі, гальванічні ванни і таке інше.

Технологічне оснащення – це засоби технологічного оснащення, що доповнюють технологічне обладнання для виконання певної частини технологічного процесу (ріжучий інструмент, штампи, пристосування для установки заготовок, вимірювальний інструмент і таке інше).

Технологічні процеси виконують *на робочих місцях*. *Робочим місцем* називають елементарну одиницю структури підприємства, де розміщені різні виконавці робіт, де обслуговується технологічне обладнання або частина конвеєра, а також технологічне оснащення і (на обмежений час) предмети виробництва.

Технологічні процеси ділять на *операції*. *Технологічною операцією* називають закінчену частину технологічного процесу, виконувану на одному робочому місці. Операція охоплює всі дії обладнання і робочого (робочих) над одним або декількома спільно оброблюваними або об'єктами виробництва, що збираються. При обробці на верстатах операція включає всі дії робітника, керуючого верстатом, а також автоматичні рухи верстата, здійснювані при обробці заготовки до моменту зняття її з верстата і переходу до обробки іншої заготовки. Для операцій характерна безперервність роботи над об'єктами виробництва. Зміст операцій може змінюватися в широких межах: від роботи, що виконується на окремому верстаті, до роботи, що виконується на автоматичній лінії. Найменування операцій дається по виду технологічного устаткування, на якому вони виконуються. Наприклад, токарна, фрезерна, автоматна, пресова і т. д. Операції нумерують числами ряду арифметичної прогресії (5, 10, 15, ...). Допускається до чисел додавати зліва нулі. Операція є основною частиною технологічного процесу в організаційно-економічних відносинах. На операції встановлюють норми часу, по ним визначають трудомісткість технологічного процесу, необхідну кількість робітників і матеріально-технічного забезпечення виробництва (устаткування, пристосування, інструменти і т. д.). Операції поділяються на *установи, позиції, переходи, робочі ходи*.

Установи – це частина технологічної операції, виконувана при незмінному закріпленні оброблюваної заготовки або збірної одиниці. Установи позначають великими літерами українського алфавіту (А, Б, В, ...).

Позиція – це фіксоване положення, що займає незмінно закріплена оброблювана заготовка чи збірна одиниця спільно з пристосуванням щодо інструмента чи нерухомої частини устаткування при виконанні певної частини операції.

Технологічний перехід – це закінчена частина технологічної операції, виконувана одними і тими ж засобами технологічного оснащення при постійних технологічних режимах і установці. Технологічний перехід характеризується постійністю вживаного інструменту, поверхонь, утворених обробкою або з'єднанням при збірці, а також постійністю технологічного режиму.

Технологічна операція може бути побудована на основі *концентрації або диференціації* технологічних переходів. При *концентрації* переходів операція включає максимально можливе їх число. При *диференціації* переходів прагнуть

до мінімізації їх числа в технологічній операції. Поряд з технологічними переходами виділяють *допоміжні переходи*.

Допоміжний перехід – це закінчена частина технологічної операції, що складається з дій людини і (або) обладнання, які не супроводжуються зміною властивостей предметів праці, але необхідні для виконання технологічного переходу.

Технологічні переходи розділяють на робочі ходи.

Робочий хід – це закінчена частина технологічного переходу, що складається з одноразового переміщення інструменту відносно заготовки, супроводжуваного зміною форми, розмірів, якості поверхневого шару і властивостей заготовки.

Прийом – це закінчена сукупність дій людини при виконанні переходу або його частини, об'єднаних одним цільовим призначенням.

Так, для установки заготовки в пристосування необхідно послідовно виконати наступні прийоми: взяти заготовку з тари, встановити в пристосування і закріпити її в ньому.

2.6 Норма часу

Технологічна операція – основний розрахунковий елемент технологічного процесу. Час і витрати на виконання операції є найважливішими критеріями її ефективності при заданому програмою випуску виробів.

Програма випуску виробів – встановлений для даного підприємства перелік виробів, що виготовляються або ремонтуються, з зазначенням обсягу випуску за планований період часу. Обсяг випуску – кількість виробів певних найменувань, типорозмірів, що виготовляються або ремонтуються підприємством протягом планованого періоду часу (протягом року). Обсяг випуску в значній мірі визначає побудову технологічних процесів.

При заданому обсязі випуску вироби в більшості випадків виготовляють партіями.

Виробнича партія – вироби, що запускаються в обробку протягом певного інтервалу часу. Виробничу партію або її частину, що поступає на робоче місце для виконання технологічної операції, називають операційною партією.

Виконання будь-якої технологічної операції вимагає витрат часу роботи устаткування і робітників. Інтервал календарного часу від початку до кінця періодично повторюваної технологічної операції незалежно від числа виробів, що одночасно виготовляються або ремонтуються, називають циклом технологічної операції.

Штучний час – інтервал часу, рівний відношенню циклу технологічної операції до числа виробів, що одночасно виготовляються або ремонтуються, або дорівнює календарному часу збірної операції. У неавтоматизованому виробництві штучний час визначається за формулою:

$$t_{шт} = t_{осн} + t_{дон} + t_{обсл} + t_{помп}, \quad (2.1)$$

де $t_{осн}$ – основний час; $t_{доп}$ – допоміжний час; $t_{обсл}$ – час обслуговування; $t_{потр}$ – час на особисті потреби робітника.

Основний час витрачається на зміну і (або) подальше визначення стану предмета праці. Цей час може бути машинним, машинно-ручним або ручним.

Допоміжний час витрачається на виконання прийомів, необхідних для забезпечення зміни і подальшого визначення стану предметів праці. Допоміжний час витрачається на установку, закріплення і зняття оброблюваної заготовки або збирання частини виробу, управління механізмами обладнання, підведення і відведення різального інструменту, вимір оброблюваної заготовки і т. д. Допоміжний час можна визначити як суму часу виконання всіх допоміжних переходів, що входять в операцію.

Час обслуговування робочого місця – це частина штучного часу, що витрачається виконавцем на підтримку засобів технологічного оснащення в працездатному стані і догляд за ними і робочим місцем. Час технічного обслуговування витрачається на зміну затупленого інструменту, підналадку обладнання, прибирання стружки з зони обробки. Його беруть у відсотках (до 6 %) від оперативного або основного часу або приймають за нормативами в залежності від виду виконуваних робіт.

Час організаційного обслуговування включає в себе витрати часу на підготовку робочого місця до початку роботи, його прибирання та мастило верстата в кінці зміни і інші аналогічні дії протягом зміни. Цей час беруть у відсотках від оперативного часу (0,6 ... 8 %).

Час на особисті потреби витрачається людиною на задоволення особистих потреб та при обтяжливих роботах на відпочинок. Цей час також беруть у відсотках від оперативного часу (близько 2,5 %).

При обробці заготовок партіями використовують *підготовче-заклучний час*, під яким розуміють інтервал часу, що витрачається на підготовку виконавця або виконавців і засобів технологічного оснащення до виконання технологічної операції і приведення цих засобів в порядок після закінчення зміни і (або) виконання даної операції для партії предметів праці. Підготовче-заклучний час витрачається робітником на ознайомлення з кресленням і технологічною документацією, підготовку і налагодження обладнання, інструментів і пристосувань, зняття і здачу інструментів і пристосувань після обробки партії заготовок.

Визначення витрат часу на виконання окремих технологічних операцій і технологічного процесу в цілому є одним з найважливіших завдань технологічного нормування, під яким розуміють встановлення технічно обґрунтованих норм витрати виробничих ресурсів (робочого часу, матеріалів, інструментів і т. д.). *Норма часу* – регламентований час виконання деякого обсягу робіт в певних виробничих умовах одним або декількома виконавцями відповідної кваліфікації. Прийнято розрізняти *норми: штучного, оперативного, основного, допоміжного і підготовче-заклучного часу*.

Величину, зворотну нормі часу, називають *нормою вироблення*.

Норма вироблення – це регламентований обсяг роботи, який повинен бути виконаний в одиницю часу в певних організаційно-технічних умовах одним або декількома виконавцями відповідної кваліфікації. Норма вироблення може виражатися, наприклад, числом заготовок, які повинні бути оброблені за одиницю часу.

Для визначення норми часу використовують три методи:

- технічного розрахунку за нормативами;
- розрахунку на основі вивчення витрат робочого часу спостереженням;
- порівняння і розрахунку за укрупненими типовими нормами.

Норму часу встановлюють на основі аналізу змісту дій робочого та технологічного обладнання при його найвигіднішому використанні.

При першому методі норму часу на операцію визначають розрахунковим шляхом за елементами з використанням нормативів, які представляють собою розрахункову тривалість виконання цих елементів. При другому методі норму часу встановлюють на основі вивчення витрат робочого часу спостереженням безпосередньо у виробничих умовах. Прийнято розрізняти два основних способи вивчення витрат робочого часу *спостереженням*: *хронометраж і фотографія* робочого дня. За допомогою хронометражу вивчають витрати часу на виконання ручних і машинно-ручних елементів операції (наприклад, часу, що витрачається на установку і закріплення заготовки) для встановлення їх нормальної тривалості, а також для розробки на цій основі відповідних нормативів. Фотографія робочого дня включає в себе вимір всіх витрат робочого часу протягом зміни або декількох змін. Її основне призначення – визначити втрати робочого часу, встановити час на обслуговування робочого місця і перерви. При третьому методі норму часу визначають наближено по укрупненим типовим нормативам, які розробляють на основі зіставлення і розрахунку типових операцій.

2.7 Типи виробництв в машинобудуванні

Залежно від потреб різні вироби машинобудівного виробництва випускають в різних кількостях. Одні вироби на підприємстві виготовляють в одному екземплярі, інші – сотнями тисяч штук.

Залежно від номенклатури і обсягу випуску виробів розрізняють три основних типи виробництва: *одиничне, серійне і масове*.

Серійне виробництво ділять на дрібно-, середньо- і багатосерійне.

Одиничне виробництво характеризується малим обсягом випуску однакових виробів, повторне виготовлення і ремонт яких, як правило, не передбачається. Продукція одиничного виробництва – машини, які не мають широкого застосування (дослідні зразки машин, великі гідротурбіни, унікальні металорізальні верстати, прокатні стани і т. ін.).

Характерною ознакою одиничного виробництва є виконання на робочих місцях великого числа різноманітних операцій, які можуть взагалі не повторюватися. У зв'язку з цим одиничне виробництво повинно бути дуже гнучким. В одиничному виробництві використовують універсальне обладнання

та стандартне технологічне оснащення. Устаткування в цехах розташовують по його типам (ділянка токарних верстатів, ділянка фрезерних верстатів і т. ін.). Технологічні процеси виготовлення виробів, як правило, детально не розробляються. Кваліфікація основних робочих в одиничному виробництві висока.

Серійне виробництво характеризується виготовленням чи ремонтом виробів періодично повторюваними партіями. Продукцією серійного виробництва є машини сталого типу (металорізальні і деревообробні верстати, насоси, компресори, авіаційні двигуни і т. ін.), що випускаються в значних кількостях. Цей тип виробництва є найбільш поширеним (75 – 80% всіх виробів машинобудування виробляється в умовах серійного виробництва). Характерною ознакою серійного виробництва є виконання на робочих місцях невеликого числа періодично повторюваних операцій. У серійному виробництві використовують як спеціальні засоби технологічного оснащення, так і універсальні. Устаткування в цехах розташовують по ходу технологічного процесу або по його типам (дрібносерійне виробництво). Технологічні процеси в серійному виробництві розробляються детально. Кваліфікація основних робочих в цілому нижче, ніж в одиничному виробництві, але залишається високою.

Масове виробництво характеризується великим обсягом випуску виробів, що безперервно виготовляються або ремонтуються тривалий час, протягом якого на більшості робочих місць виконується одна операція. Продукцією масового виробництва є вироби, що розраховані на широке коло споживачів (легкові автомобілі, трактори, електродвигуни невеликої потужності і т. ін.).

У *масовому* виробництві застосовують спеціальне високопродуктивне обладнання та технологічне оснащення. Устаткування в цехах, як правило, розміщують строго по ходу технологічного процесу. Технологічні процеси в масовому виробництві розробляють самим детальним чином. Кваліфікація основних робочих в цілому невисока, але потрібні висококваліфіковані наладчики.

Розподіл виробництва на типи певною мірою є умовним і проводиться за переважаючим виробництвом. Наприклад, на підшипниковому заводі виробництво підшипників є масовим. В ремонтному ж цеху заводу має місце одиничне виробництво.

У машинобудуванні застосовують *два методи роботи: поточний і непоточний*. *Потокове виробництво* характеризується розташуванням обладнання в послідовності виконання операцій технологічного процесу і певним інтервалом випуску виробів. Інтервал часу, через який періодично проводиться випуск виробів або заготовок певних найменувань, типорозмірів називають *тактом випуску*.

Приведення тривалості операцій до зазначених умов називають синхронізацією. Вона досягається відповідною побудовою технологічних операцій і застосуванням в деяких випадках станків-дублерів, тобто використанням на деяких операціях, наприклад, не одного, а двох верстатів. За час, що дорівнює *такту випуску*, з поточної лінії сходять один виріб.

Кількість виробів або заготовок певних найменувань, типорозмірів, що випускаються в одиницю часу, називають *ритмом випуску*. Забезпечення заданого ритму випуску є найважливішим завданням при проектуванні технологічних процесів масового і серійного виробництва.

У серійному виробництві організувати безперервний потік виробів, що виготовляються часто неможливо через низьку завантаженість устаткування при невеликих обсягах випуску. У цьому випадку застосовують *змінно-потоковий* метод. При змінно-потоковому методі за кожним верстатом потокової лінії закріплюють по кілька операцій. Протягом певного періоду часу (зазвичай кілька змін) на лінії ведеться обробка заготовок одного типорозміру. Потім лінію переналагоджують для обробки заготовок іншого типорозміру.

Поточний метод роботи дозволяє:

- значно (в десятки разів) скоротити цикл виробництва;
- знизити між операційні заділи і незавершене виробництво;
- застосувати високопродуктивне обладнання та скоротити трудомісткість виготовлення виробів;
- спростити управління виробництвом.

При малих обсягах випуску виробів застосовують непотоковий метод роботи. Його використовують в умовах серійного і одиничного виробництва.

При непотоковому методі роботи тривалість операцій не синхронізують, на робочих місцях створюють заділи заготовок (складальних одиниць), необхідних для завантаження робочих місць. При непотоковому методі роботи прагнуть на кожному робочому місці здійснити максимально технологічний вплив на предмет праці, скоротити число операцій в технологічному процесі.

2.8 Продуктивність праці

Під продуктивністю Q розуміють обсяг W продукції, випущеної в одиницю часу t :

$$Q=W/t. \quad (2.2)$$

Прийнято розрізняти: *продуктивність верстата, праці робітника, виробничого процесу, праці працюючих і суспільної праці*.

Продуктивність верстата оцінюють обсягом віддаленого з заготовки матеріалу або площею обробленої поверхні в одиницю часу. Продуктивність верстата залежить від його потужності, якості інструменту і режимів обробки.

Продуктивність праці робітника вимірюють кількістю продукції, виробленої їм за одиницю робочого часу. Наприклад, продуктивність праці верстатника визначають за кількістю деталей в штуках, виготовлених за годину або зміну. Продуктивність праці робітника залежить від продуктивності устаткування, інтенсивності праці та його організації. Продуктивність верстата-автомата, що виконує функції звичайного верстата і робітника, вимірюють в тих же одиницях, що і продуктивність праці робітника.

Продуктивність виробничого процесу оцінюють вимірюваною в штуках або рублях продукцією, виробленою в одиницю часу. Продуктивність виробничого процесу залежить не тільки від продуктивності устаткування і продуктивності праці робітників, але і від рівня організації, планування цього процесу і управління цим процесом.

Продуктивність праці працюючих характеризує ефективність роботи всього колективу підприємства. Вона вимірюється кількістю продукції в гривнях, випущеної в одиницю часу в розрахунку на одного працюючого.

Продуктивність суспільної праці оцінюють шляхом зіставлення кількості продукції, що випускається за певний інтервал часу з трудовими затратами. При цьому враховують витрати минулого праці, вкладені в створення устаткування, будівель і т. д., поточні витрати матеріалізованої праці (основні і допоміжні матеріали, електроенергію, інструменти) і поточні витрати живої праці. Випущену продукцію вимірюють або *в натуральних показниках* (штуках, одиницях маси або об'єму), або в гривнях. Сумарні трудовитрати висловлюють або *в одиницях абстрактної праці* (людиногодинах, людино-днях), або в гривнях.

2.9 Собівартість виробу

Виготовлення виробу вимагає витрат живої і матеріалізованої праці. Витрати на матеріали, засоби технологічного оснащення та заробітну плату, пов'язані з виготовленням виробів і виражені в грошовій формі, *називають цеховою собівартістю, яку називають просто собівартістю*. Розрізняють: *собівартість машини, її збірних одиниць і деталей*.

Можна оцінювати собівартість окремих операцій технологічних процесів виготовлення деталей та зборки машин. Собівартість визначається за формулою:

$$C = \sum_{i=1}^p M + \sum_{i=1}^m \left[O + \Pi + I + \left(1 + \frac{a_1 + a_2}{100}\right) \cdot 3 \right], \quad (2.3)$$

де M – витрати на матеріали на одиницю продукції за вирахуванням вартості відходів, грн; O – витрати на амортизацію, утримання та експлуатацію обладнання, що припадають на одиницю продукції, грн; Π – витрати на амортизацію, утримання та експлуатацію пристосувань, що припадають на одиницю продукції, грн; I – витрати на амортизацію і утримання інструменту, що припадають на одиницю продукції, грн; a_1 – нарахування на витрати по заробітній платі на соціальні потреби, %; a_2 – накладні витрати, що нараховуються на витрати по заробітній платі, %; p – число різних марок матеріалів, витрачених на одиницю продукції; m – число операцій, які проходить одиниця продукції при її виготовленні; 3 – витрати на заробітну плату основних робітників виробничого процесу, що припадають на одиницю продукції.

Розрізняють *планову і фактичну собівартість*.

Планову собівартість підраховують з метою оцінки можливих витрат на виготовлення машини, окремої деталі або виконання операцій технологічного процесу. Планова собівартість необхідна для вибору найбільш економічного варіанта технологічного процесу або його окремої операції.

Фактична собівартість відображає витрати в реалізованих виробничому і технологічному процесах виготовлення виробу. Зіставлення планової і фактичної собівартості дозволяє дати оцінку про відповідність дійсного технологічного процесу запроектованому і сприяє вдосконаленню існуючої технології. Таким чином, собівартість одиниці продукції є основним показником економічної ефективності виробничого і технологічного процесів її виготовлення.

2.10 Контрольні запитання

1. Назвіть види виробів в машинобудуванні.
2. Що таке життєвий цикл виробу?
3. Якими показниками характеризується якість виробів?
4. Що розуміють під технологічністю конструкції виробу?
5. Якими параметрами характеризується точність деталі і машини?
6. Чим пояснюється неперервне підвищення точності машин?
7. Чим технологічний процес відрізняється від виробничого?
8. Що включає в себе технічна підготовка виробництва?
9. Що таке операція?
10. Що таке перехід?
11. Що називається засобами технологічного оснащення?
12. Що таке штучний час?
13. Яка частина штучного часу називається основним часом?
14. Яка частина штучного часу називається допоміжним часом?
15. Що таке підготовче-заклучний час?
16. Назвіть основні типи виробництв у машинобудуванні.
17. Що таке такт випуску виробів?
18. Що розуміється під синхронізацією операцій?
29. Чим потокове виробництво відрізняється від непотокового?
20. Якими показниками оцінюється продуктивність праці?
21. Які витрати входять до складу цехової собівартості?

2.11 Тестові запитання

Тест 2. Машинобудівне виробництво

1. Виріб – це продукт якої стадії машинобудівного виробництва?
 - а) початкової ☐;
 - б) заготовок ☐;
 - в) кінцевої ☐;
 - г) проміжної ☐.

2. Що таке деталь?

- а) виріб, який виготовлений із однорідного матеріалу без ☐;
застосування збірних стадій
- б) виріб, який виготовлений із неоднорідного матеріалу без ☐;
застосування збірних стадій
- в) виріб, який виготовлений із однорідного матеріалу з ☐;
застосування збірних стадій
- г) виріб, який виготовлений із неоднорідного матеріалу з ☐.
застосування збірних стадій

3. Виріб, збірні частини якого підлягають поєднанню на виробництві за допомогою збірних стадій?

- а) машина ☐
- б) заготовка ☐
- в) збірна одиниця ☐
- г) деталь ☐

4. Як називаються два або більше виробів не поєднані на виробництві збірними операціями, але які використовуються для виконання операцій взаємопов'язаними функціями?

- а) комплект ☐
- б) комплекс ☐
- в) збірка ☐
- г) окремі деталі ☐

5. Які вироби за призначенням створенні для подальшої реалізації?

- а) основні ☐
- б) вторинні ☐
- в) допоміжні ☐
- г) додаткові ☐

6. Життєвий цикл виробу – це

- а) сукупність взаємопов'язаних змін стану деталі від ☐;
початкових умов до її реалізації
- б) сукупність взаємопов'язаних змін стану виробу від ☐;
початкових умов до кінця виробництва
- в) сукупність взаємопов'язаних змін стану виробу від ☐;
початкових умов до його експлуатації
- г) сукупність взаємопов'язаних змін стану виробу від ☐.
початкових умов до його продажу

7. Що таке сукупність властивостей виробу, які обумовлюють її придатність задовольнити певні потреби відповідно до призначення?

- а) якість виробу ☐
- б) властивості виробу ☐
- в) атрибути виробу ☐
- г) параметри виробу ☐

8. Трудомісткість – це затрати
- а) робочого часу на виробництво одиниці продукції ☐;
 - б) трудових ресурсів на виробництво одиниці продукції ☐;
 - в) матеріалів на виробництво одиниці продукції ☐;
 - г) людських ресурсів на виробництво одиниці продукції ☐.
9. Технологічна трудомісткість включає:
- а) трудові затрати всіх категорій промислово-виробничого персоналу ☐;
 - б) всі затрати праці основних робітників, як відрядників, так і почасовиків ☐;
 - в) затрати праці допоміжних робітників основних цехів і всіх робітників допоміжних цехів і підрозділів, зайнятих обслуговуванням виробництва ☐;
 - г) затрати праці керівників, спеціалістів, службовців ☐.
10. Повна трудомісткість включає:
- а) трудові затрати всіх категорій промислово-виробничого персоналу ☐;
 - б) всі затрати праці основних робітників, як відрядників, так і почасовиків ☐;
 - в) затрати праці допоміжних робітників основних цехів і всіх робітників допоміжних цехів і підрозділів, зайнятих обслуговуванням виробництва ☐;
 - г) затрати праці керівників, спеціалістів, службовців ☐.
11. Трудомісткість обслуговування включає:
- а) трудові затрати всіх категорій промислово-виробничого персоналу ☐;
 - б) всі затрати праці основних робітників, як відрядників, так і почасовиків ☐;
 - в) затрати праці допоміжних робітників основних цехів і всіх робітників допоміжних цехів і підрозділів, зайнятих обслуговуванням виробництва ☐;
 - г) затрати праці керівників, спеціалістів, службовців ☐.
12. Трудомісткість управління включає:
- а) трудові затрати всіх категорій промислово-виробничого персоналу ☐;
 - б) всі затрати праці основних робітників, як відрядників, так і почасовиків ☐;
 - в) затрати праці допоміжних робітників основних цехів і всіх робітників допоміжних цехів і підрозділів, зайнятих обслуговуванням виробництва ☐;
 - г) затрати праці керівників, спеціалістів, службовців ☐.

13. Що не включає собівартість виробу?
- а) витрати на обладнання ☐;
 - б) витрати на спожиті засоби виробництва ☐;
 - в) витрати на заробітну плату ☐;
 - г) кількість виготовленої продукції ☐.
14. Виробничі та технологічні процеси – це
- а) сукупність усіх дій людей та знарядь праці, необхідних на даному підприємстві для виготовлення та ремонту виробів ☐;
 - б) сукупність лише дій людей, необхідних на даному підприємстві для виготовлення та ремонту виробів ☐;
 - в) сукупність лише знарядь праці, необхідних на даному підприємстві для виготовлення та ремонту виробів ☐;
 - г) сукупність усіх дій людей та знарядь праці, необхідних на даному підприємстві лише для виготовлення ☐.
15. Елементарна одиниця виробничої структури, що містить частину простору виробничого підрозділу, яка потрібна для здійснення трудової операції та оснащена матеріально-технічними засобами, що використовуються у процесі праці:
- а) операція ☐;
 - б) робоче місце ☐;
 - в) знаряддя праці ☐;
 - г) верстат ☐.
16. Що таке позиція технологічного процесу?
- а) положення, яке займає незмінне обладнання відносно інструмента ☐;
 - б) фіксоване положення, яке надається незмінно закріпленій заготовці ☐;
 - в) положення, яке займає змінне обладнання відносно інструмента ☐;
 - г) положення, яке надається закріпленій заготовці ☐.
17. Робочий хід – закінчена частина
- а) технологічної операції, яка складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, яке супроводжується зміною форми, розмірів, якості поверхні та властивостей заготовки ☐;
 - б) технологічного прийому, яка складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, яке супроводжується зміною форми, розмірів, якості поверхні та властивостей заготовки ☐;
 - в) технологічного переходу, яка складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, яке супроводжується зміною форми, розмірів, якості поверхні та властивостей заготовки ☐.

г) технологічної дії, яка складається з одноразового ☐.
переміщення інструмента відносно заготовки, яке супроводжується зміною форми, розмірів, якості поверхні та властивостей заготовки

18. Кількість виробів, що виготовляє (ремонтуює) підприємство на протязі деякого часу – це

- а) виробництво ☐.
- б) об'єм випуску ☐.
- в) продуктивність праці ☐.
- г) потужність виробництва ☐.

19. Штучний час – це

а) час, що витрачається на зміну і (або) подальше визначення ☐.
стану предмета праці

б) інтервал часу, рівний відношенню циклу технологічної ☐.
операції до числа виробів, що одночасно виготовляються або ремонтуються, або дорівнює календарному часу збірної операції

в) час, що витрачається на виконання прийомів, необхідних для ☐.
забезпечення зміни і подальшого визначення стану предметів праці

г) час, що витрачається виконавцем на підтримку засобів ☐.
технологічного оснащення в працездатному стані і догляд за ними і робочим місцем

20. Виробництво, при якому виріб випускають в одному або декількох екземплярах – це

- а) замовне виробництво ☐.
- б) серійне виробництво ☐.
- в) одиничне виробництво ☐.
- г) масове виробництво ☐.

21. Якому виробництву характерне 1 місце = 1 операції?

- а) замовне виробництво ☐.
- б) серійне виробництво ☐.
- в) одиничне виробництво ☐.
- г) масове виробництво ☐.

3. Чорна металургія

3.1 Загальна характеристика металургійного комплексу

Металургія – галузь науки та промисловості, яка пов'язана з первинним отриманням металів. Тобто металургія займається виробництвом металів із руд та інших видів сировини. Металургійний комплекс займається видобутком руд, виплавою металів, їх сплавів та виробництвом прокату. Він є базовим для

розвитку машинобудування. Комплекс складається з гірничовидобувної промисловості, чорної та кольорової металургії (рис. 3.1).

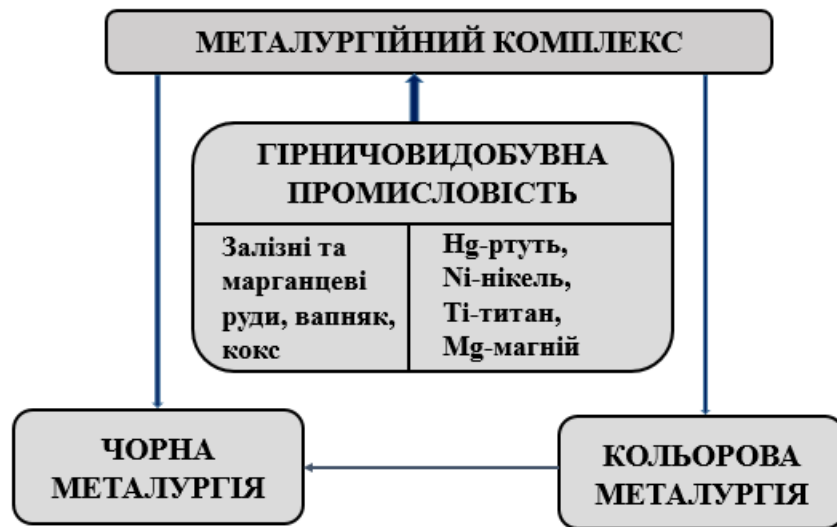


Рисунок 3.1 Структурна схема металургійного комплексу [12]

Підприємства чорної металургії виплавляють чавун, сталь, а також надають їм відповідну форму (прокат).

Підприємства кольорової металургії займаються виплавою легких, важких, благородних, рідкоземельних металів та виробництвом сплавів.

Металургійні підприємства поділяють на чотири види:

1 – підприємства повного металургійного циклу, до складу яких входять три основних ланки виробництва чорної металургії: доменне, сталеплавильне та прокатне;

2 – підприємства неповного металургійного циклу зі сталеплавильним і/або прокатним виробництвами;

3 – металургійні комбінати, до складу яких крім основних виробництв входять гірничорудні цехи, агломераційні фабрики, коксохімічні заводи та заводи переробки основних продуктів;

4 – комбіновані підприємства, до складу яких крім основних виробництв входять металообробні, машинобудівні підприємства, ТЕС, транспортні підприємства і т.д.

Виробництва, в яких представлені всі головні ланки чорної металургії (виробництво чавуну, сталі та прокату), називаються *комбінатами повного циклу*.

Більшість металургійних підприємств України мають повний цикл виробництва і щорічно виплавляють від 1 до 10 млн тон сталі. Україна має 14 металургійних комбінатів і всі вони відносяться до числа найбільших підприємств світу. До найбільших металургійних підприємств України відносяться: «Криворіжсталь», «Ім. Ілліча», «Азовсталь», «Алчевський МК», «Запоріжсталь» та «Дніпрспецсталь».

Чорна металургія – одна з провідних базових галузей господарського комплексу нашої держави. *Металомістке машинобудування* – основний споживач її продукції. Україна посідає VI місце у світі за виплавною чавуну та сталі. Вітчизняні труби великого діаметру експортуються у різні країни світу. Для подальшого розвитку та вдосконалення чорної металургії Україна має всі необхідні умови: величезну, компактно розміщену сировинну базу (залізні та марганцеві руди, коксівне вугілля, вогнетривкі, флюсові вапняки). Перспективи подальшого розвитку вбачаються в першу чергу у вдосконаленні виробництва, впровадженні сучасних енерго- та матеріалозберігаючих технологій, підвищенні якості продукції.

Чорна металургія займає друге місце за загальною кількістю викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря після теплоенергетики. Основними джерелами викидів в атмосферу у чорній металургії є: агломераційне виробництво, виробництво чавуну та сталі. Навколо металургійних заводів формуються техногенні зони, де повітря, вода, сніг, ґрунт, рослинність містять в собі широкий набір шкідливих речовин, включаючи і такі надзвичайно небезпечні як свинець та ртуть. Переважно викиди складаються з оксидів вуглецю (67,5% сумарного викиду в атмосферу), твердих речовин (15,5%), діоксиду сірки (10,8%) та оксидів азоту (5,4%).

До основних джерел забруднення атмосфери відносяться агломераційне, коксове виробництво, доменне виробництво чавуну, сталеплавильне виробництво.

3.2 Доменне виробництво

Для забезпечення нормального ходу металургійного процесу і отримання чавуну заданого сорту потрібно отримати шихту, що складається з трьох основних частин, узятих в певному співвідношенні:

- залізорудний матеріал;
- кокс – головне джерело теплової енергії, він виконує також роль відновника (залізо в рудах міститься зазвичай в окисленому стані);
- флюси – матеріали, необхідні для зменшення температури плавлення пустої породи.

Будь-яка руда або концентрат містить більшу або меншу кількість порожньої породи. До складу залізних руд в якості порожньої породи зазвичай входять такі сполуки: Al_2O_3 ($t_{\text{пл}}=2040^\circ\text{C}$), CaO ($t_{\text{пл}}=2570^\circ\text{C}$), SiO_2 ($t_{\text{пл}}=1728^\circ\text{C}$), MgO ($t_{\text{пл}}=2800^\circ\text{C}$). Однак при певних співвідношеннях вказаних оксидів утворюються легко плавкі склади, температура плавлення яких не перевищує 1300°C . Співвідношення кислих і основних оксидів має бути близьким до одиниці:

$$(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2):(\text{CaO}+\text{MgO})=1:1. \quad (3.1)$$

Зазвичай в порожній породі залізних руд переважають кислі оксиди (Al_2O_3 і SiO_2), тому в якості флюсів використовується вапняк або вапно.

Загальна характеристика залізних руд

Залізна руда – це гірські породи, що містять залізо в такій формі і в такій кількості, що його економічно доцільно вилучати при сучасному рівні розвитку техніки. До залізних руд відносяться:

- червоний залізняк (основний мінерал - гематит - Fe_2O_3) – це багаті залізні руди із вмістом заліза не менше 55%, мають в своєму складі невелику кількість шкідливих домішок;

- магнітний залізняк (основний мінерал - магнетит - Fe_3O_4) відрізняється від інших залізних руд магнітними властивостями, вміст заліза не менше 50%, але часто містить шкідливі домішки, особливо сірку;

- бурий залізняк (основний мінерал - гідрогематит - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) зазвичай це бідні залізні руди, вміст заліза не перевищує 35-40%. Часто містять підвищену кількість фосфору.

Підготовка руд до плавки

Перед завантаженням в доменну піч руду необхідно подрібнити, усереднити, частково видалити пусту породу. Для цього руду піддають тій чи іншій підготовці. У найбільш складних випадках руду піддають повному комплексу операцій, який включає:

- дроблення, подрібнення і класифікацію;
- збагачення;
- усереднення;
- окусковання.

Дроблення, подрібнення і класифікація.

Дроблення проводять в декілька етапів:

- велике дроблення 1500-250 мм; - середнє дроблення 250-50 мм; - дрібне дроблення 50-5 мм;
- подрібнення до 0,2-0,4 мм.

Для дроблення використовують щоківі (для великого і середнього дроблення), конусні (для великого, середнього і дрібного дроблення), валкові (для середнього та дрібного дроблення), молоткові (для середнього та дрібного дроблення) дробарки.

Подрібнення проводять в кульових або стрижневих млинах.

Грохочення – це поділ матеріалу на класи крупності за допомогою решіток або механічних сит для частинок діаметром більше 1 мм.

Класифікація – поділ матеріалів за класами крупності на основі різниці швидкостей падіння, для частинок менше 1 мм (буває водна і повітряна).

Збагачення

Збагачення – це процес, який забезпечує підвищення змісту корисного компонента і зменшення вмісту шкідливих домішок шляхом відділення

рудного мінералу від порожньої породи. В результаті збагачення отримують концентрат і хвости. Для збагачення руд використовують цілий ряд методів.

Водна промивка. Для водної промивки використовують бутари (рис. 3.2) або коритні мийки (рис. 3.3).

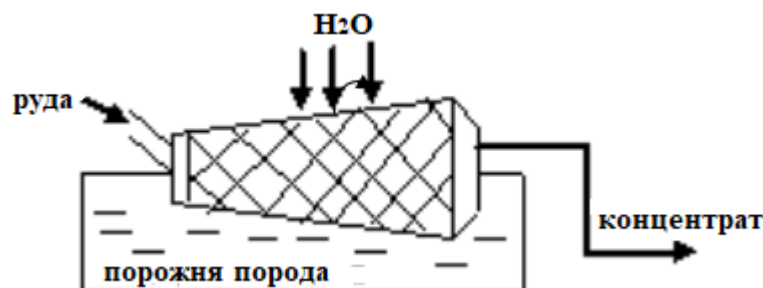


Рисунок 3.2 Схема роботи бутари

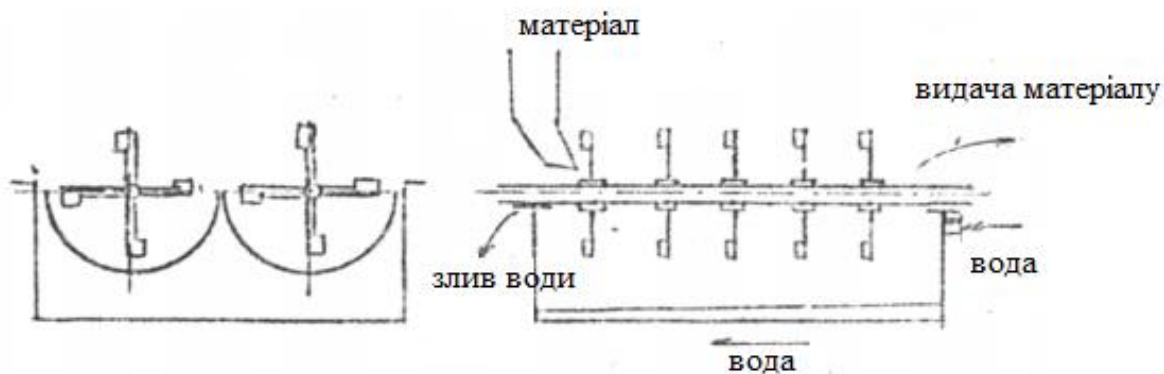


Рисунок 3.3 Схема роботи коритної мийки

Даний спосіб збагачення використовують для руд зі щільними мінералами і пухкої порожньою породою. При використанні бутар руда подається всередину сітчастого барабана, що обертається та зрошується зверху водою. В результаті пухка порожня порода вимивається з барабана, а щільний мінерал вивантажується з барабана. Метод відрізняється низькою ефективністю, так як в хвостах залишається до 25% заліза. Витрата води складає 3-5 м³/т руди

Відсадженьня

При використанні цього методу зерна різної питомої ваги розшаровуються під дією струменя води, що пульсує у вертикальному напрямку. Відсадочні машини бувають з рухомим і нерухомим решетом, частіше з нерухомим (рис. 3.4). Руда в тонкоподрібленому стані завантажується у відсадну машину. За рахунок обертання шківів діафрагма коливається, в наслідок чого забезпечується пульсація стовпа рідини. Це призводить до того, що більш легкі частинки пустої породи піднімаються вгору, а важчі частинки рудного мінералу опускаються вниз.

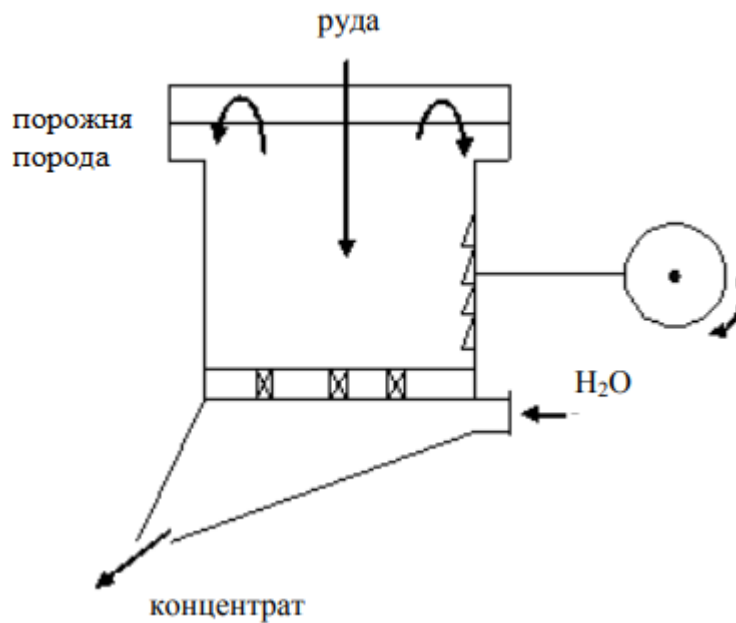


Рисунок 3.4 Схема роботи відсадної машини з нерухомим решетом

Гравітаційне збагачення проводиться в важких середовищах, тобто щільність рідини повинна бути більша за густину порожньої породи. Як середовище використовуються важкі органічні рідини і концентровані розчини солей. Руду подають в тонкоподрібненому стані. Після перемішування з середовищем суміш відстоюють: порожня порода піднімається догори і скупчується на поверхні, а рудний мінерал осідає на дно.

Магнітна сепарація – це найбільш поширений спосіб збагачення залізних руд. Може використовуватися тільки для сильномагнітних руд, зокрема для магнітного залізняку. Бурий і червоний залізняк можна піддати відновному обжигу, в результаті якого Fe_2O_3 перейде в Fe_3O_4 , і тоді ці руди теж можна буде піддавати магнітній сепарації. Магнітна сепарація буває суха (при розмірі частинок більше 3 мм) і мокра (при розмірі частинок менше 0,1 мм). При розмірі частинок 0,1-3 мм може використовуватися як суха, так і мокра магнітна сепарація. Схема магнітної сепарації представлена на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 Схема магнітної сепарації

Флотація. Для залізних руд флотація застосовується зрідка, зазвичай вона використовується для сульфідних мінералів, зокрема для збагачення руд

кольорових металів. Флотація заснована на відмінностях гідрофільних і гідрофобних властивостей рудного мінералу і пустої породи. Флотація буває пряма і зворотна. При прямій флотації рудний матеріал піднімається вгору, а пуста порода осідає вниз, а при зворотному – навпаки.

Усереднення

Неоднорідність хімічного складу шихти вкрай негативно впливає на показники доменного процесу. Найбільш важливе значення має вміст заліза. Збільшення вмісту заліза призводить до охолодження печі, що особливо небажано. Потрібно, щоб вміст заліза змінювалося не більше ніж на 0,3-0,5%. Також необхідна і сталість складу порожньої породи, так як при його зміні потрібно змінювати кількість флюсів, що додається в шихту. Процес усереднення йде на всіх етапах підготовки, транспортування і зберігання руди.

Окусування – це процес перетворення дрібних залізорудних матеріалів в кускові необхідних розмірів. Існує два основних способи окусування, що використовуються в доменному виробництві:

- агломерація;
- огрудкування (отримання окатишів).

Агломерація – це процес окусування дрібних руд і концентратів спіканням в результаті спалювання палива в шарі матеріалу, що спікається, або за рахунок підведення тепла ззовні. Це металургійна підготовка руди до плавки, в результаті якої відбувається утворення пористого офлюсованого матеріалу. При агломерації, крім окусування, в шихті відбуваються такі процеси:

- видаляється частково сірка і миш'як;
- розкладаються карбонати;
- відбувається часткове шлакоутворення.

Основні етапи агломерації:

1. *Дозування компонентів.* До складу шихти входять наступні компоненти:

- залізомісткий матеріал 40-50%;
- повернення або невеликий агломерат (розмір часток не більше 10 мм) – 20-30%;
- вапняк (розмір часток не більше 2 мм) – 15-20%;
- тверде паливо (коксик, розмір часток не більше 3 мм) – 4-8%.

2. *Змішування.* Всі компоненти шихти подають в обертовий барабан.

3. *Огрудкування* відбувається при подачі в барабан 6-9% води. При такій вологості забезпечується хороша газопроникність одержуваного агломерату. При вологості більше 9% шихта перетворюється в напіврідку масу.

4. *Спікання* проводять на колосникових ґратах. Під ґратами створюють розрідження 7-10 кПа. Для початку процес спеціальним пристроєм нагрівають верхній шар шихти до температури 1200-1300°C, при цьому паливо запалюється і зона горіння рухається зверху вниз зі швидкістю від 10 до 40 мм/хв. В зоні горіння температура складає 1500°C, а гази виходять з температурою 150-200°C. Схема агломераційного процесу представлена на рисунку 3.6.

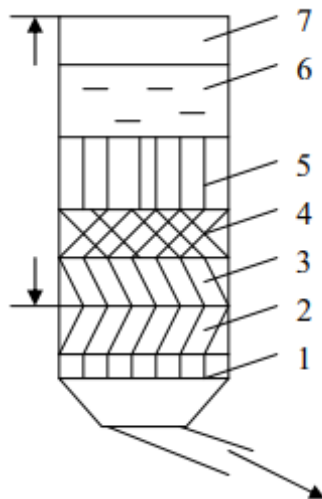
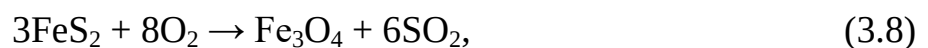
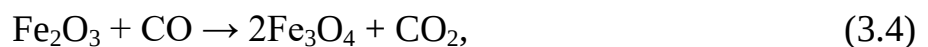


Рисунок 3.6 Схема агломераційного процесу: 1 – решітка; 2 – повернення, крупність від 10 до 25 мм, висота шару 30–35 мм; 3–6 – зони зволоження, сушки, підігріву, горіння; 7 – готовий агломерат

У процесі агломерації йдуть такі реакції:



У процесі агломерації вигорає 90-98% сульфідної сірки і 70-80% сульфатної.

Переваги офлюсованого агломерату:

- виключення з доменної плавки ендотермічної реакції розкладання вапняку і, як наслідок, зниження витрати коксу;
- поліпшення відновлювальної здатності газів в домні через зменшення розведення їх вуглекислим газом;
- поліпшення процесу шлакоутворення, так як в офлюсованому агломераті оксиди вже щільно контактують один з одним;
- зменшення вмісту сірки не менше ніж на 70%.

Все це забезпечує зниження витрати коксу на 6-15%.

Виробництво окатишів

Окатиші отримують з тонкоподрібнених залізорудних концентратів з розміром частинок менше 0,1 мм. Окатиші міцніше агломерату, тому при необхідності перевезення для окусовання застосовують саме цей метод.

Процес виробництва окатишів складається з двох стадій:

- 1) отримання сирих окатишів;
- 2) зміцнення сирих окатишів (підсушування при температурі 300°C, випал при температурі 1200-1300°C). До складу шихти для отримання окатишів входять: залізорудний концентрат, вапняк, повернення, бентоніт (мілкодисперсна біла глина) в кількості 1,5%, яка служить для зміцнення окатишів.

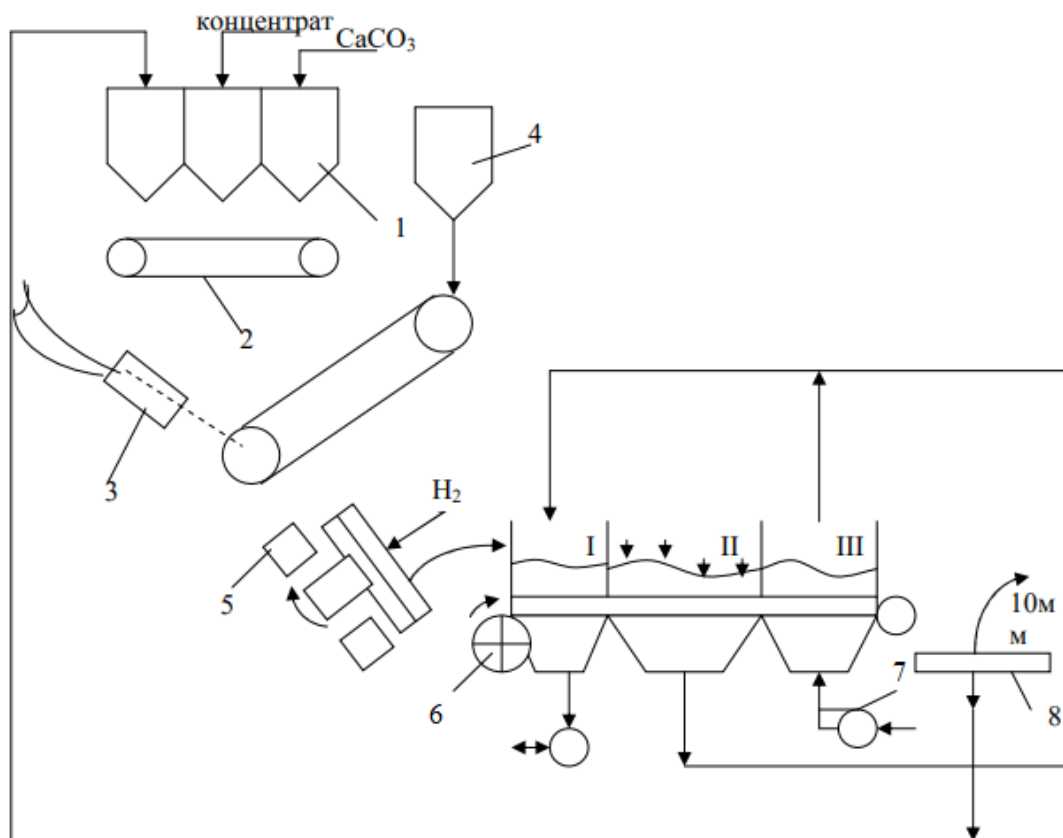


Рисунок 3.7 Схема отримання окатишів: 1 – шихтові бункера; 2 – транспортер; 3 – змішувальний барабан; 4 – бункер бентоніту; 5 – тарілчастий гранулятор; 6 – стрічкова обпалювальна машина; 7 – вентилятор; 8 – гуркіт; I – зона сушіння; II – зона випалу; III – зона охолодження

З шихтових бункерів (рис. 3.7) компоненти шихти надходять на транспортер 2, а потім в змішувальний барабан 3, де йде сухе змішування. Суха суміш подається на транспортер, туди ж дозується бентоніт, після чого суміш надходить на гранулятор 5, туди ж подається вода (8-10% від загальної маси шихти). Зазвичай використовуються тарілчасті гранулятори, в яких при круговому русі суміш шихти з водою і бентонітом поступово перетворюється в гранули-грудки. З гранулятора вивантажуються окатиші розміром від 10 до 20 мм. Оптимальних умов для отримання окатишів досягають підбором кута

нахилу тарелі ($40-60^\circ$) і частоти обертання ($6-8 \text{ об}^{-1}$). Сирі окатиші подають на стрічкову випалювальну машину 6 для сушки, випалення і охолодження.

Верх стрічки перекритий камерами відповідно до розподілу на зони сушки, випалення і охолодження. У зоні сушіння окатиші підігріваються до $250-4000^\circ\text{C}$ газами, які надходять із зон випалу і охолодження. У зоні випалу окатиші нагріваються до температури $1200-1250^\circ\text{C}$ продуктами горіння газоподібного або рідкого палива, що проникає через шар окатишів на колосникових решітках машини. А в зоні охолодження окатиші охолоджуються примусово холодним повітрям. Охолоджені окатиші розвантажуються на гуркіт 8: фракція більше 10 мм йде в доменне виробництво, а менше 10 мм – повертається на початок процесу.

Промислові викиди, які утворюються при підготовці руди, їх очищення

В процесі дроблення утворюються гази, що містять значну кількість пилу.

Методи зниження викидів:

- герметизація обладнання та очищення цих газів з використанням сухих інерційних апаратів (циклони і пилеосаджувальні камери);
- мокра пилеочистка з використанням скрубєрів різної конструкції.

У процесі збагачення промиванням утворюються стічні води в кількості $5-7 \text{ м}^3$ на 1 т руди. Зміст зважених речовин в них становить до 30 г/л. Дані стічні води практично нешкідливі. Їх освітлюють в шламонакопичувачах і повертають в виробництво. Освітлені стічні води містять не більше 100 мг/л зважених речовин, а для промивання можна використовувати воду з вмістом зважених речовин до 1000 мг/л.

В процесі флотації утворюються стічні води, забруднені зваженими речовинами і флотореагентами. Зміст зважених речовин становить 100–120 г/л, флотореагентів – 40–60 мг/л. Після освітлення в шламонакопичувачах вміст завислих речовин знижується до 200 мг/л, що не дозволяє використовувати воду для флотації (концентрація зважених речовин не повинна перевищувати 100 мг/л). Тому проводять реагентну доочистку стічних вод. В якості реагенту використовують сульфат заліза (концентрація 100–120 мг/л) і вапно (концентрація 100–150 мг/л), що дозволяє зменшити вміст завислих речовин до 50–80 мг/л.

У процесі випалу при агломерації утворюються гази, які мають наступний склад: пил до 4 г/м^3 , CO_2 2-10%; CO – 0,1-3%; $\text{SO}_2 + \text{SO}_3$ – 0,1-0,6%. Газ подають на очищення. Для очищення від пилу застосовують циклони і пилеосаджувальні камери, електрофільтри, а також мокру пилеочистку. При використанні мокрої пилеочистки відбувається також часткове видалення оксидів сірки. Для більш повного видалення оксидів сірки необхідно використовувати в якості поглинаючого середовища лужні розчини. При використанні лужних розчинів ефективність очищення від оксидів сірки становить 90-98%.

На аглофабриках витрата води становить $0,5 \text{ м}^3/\text{т}$ агломерату. Стічні води утворюються в основному в процесі мокрою пилеочистки, а також при

санітарній обробці обладнання. Стічні води містять до 20 г/л зважених речовин, рН до 12 г/л. Їх освітлюють у відстійниках-шламонакопичувачах. Потім проводять додаткове зневоднення в згущувачах, після чого шлам повертають на агломерацію.

3.3 Отримання чавуну

Основним апаратом для вилучення заліза із залізних руд є доменна піч (рис. 3.8). Сучасні доменні печі мають великі розміри: загальна висота їх досягає 70 м, обсяг – 2700 м² і більше, а продуктивність – більше 5000 т чавуна на добу. Доменна піч є піч шахтного типу, що складається з колошника I, шахти II, распара III, заплічок IV і горна V.

У колошник – верхню циліндричну частину печі за допомогою засипного апарату завантажують шихтові матеріали, що називають шихтою: кокс, агломерат і частково руду з флюсом. Там же знаходиться завантажувально-розподільний пристрій, що забезпечує правильний розподіл матеріалів шихти в печі і запобігає витоків газів. Це пристрій буває різної конструкції. Найбільш поширена конструкція засипного апарату складається з малого конуса 1 (рис. 3.8) і великого конуса 2. Конусний метод завантаження забезпечує такий розподіл матеріалів в печі, при якому великі шматки шихти потрапляють до центру печі, а більш дрібні розташовуються ближче до стінок. При цьому виходить найбільш повне охоплення газами всієї шихти. Зазвичай гази прагнуть пройти під стінами печі, значно менша кількість їх проходить через центр. Створюючи щільніший шар матеріалів під стінами і менш щільний в центрі, домагаються рівномірного проходження газів по всьому перетину печі, що сприяє більш повному відновленню руди.

До колошника прикріплені газовідводні труби, через які відводять колошниковий газ. Температура в колошнику від 150 до 300°C.

Шахта II має форму зрізаного конуса, що розширюється донизу. Це найбільша частина печі. У шахті відбуваються висушування руди, виділення хімічно зв'язаної води, розтріскування руди і починається відновлення її окислів. Температура в шахті на різній висоті від 350 до 1200°C.

Распар III має циліндричну форму і є найширшою частиною доменної печі. У распарі починаються шлакоутворення і плавлення металу. Температура в цій зоні близько 1400°C і вище.

Заплічки IV мають форму зрізаного конуса, що звужується донизу. У них відбувається подальше розплавлення металу і шлаку. Температура досягає 1600-1800-1900°C.

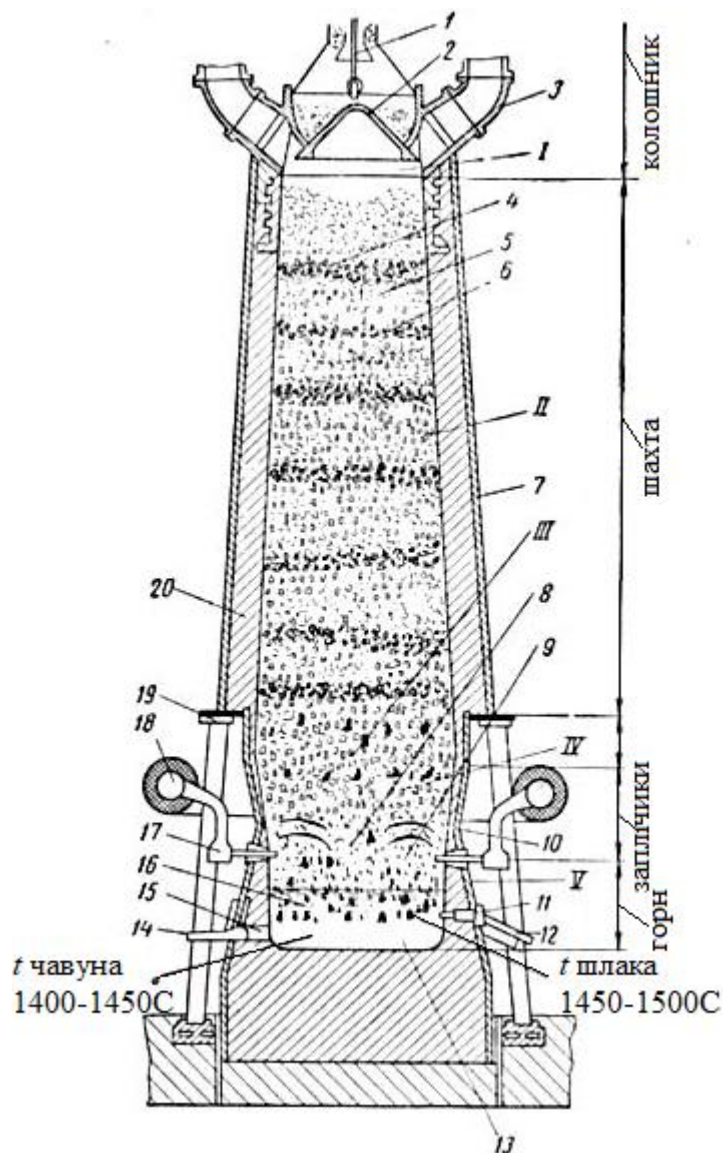


Рисунок 3.8 Схема типової доменної печі (вертикальний переріз):

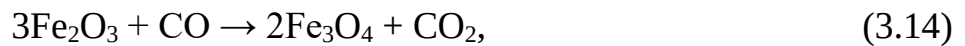
1 – малий конус; 2 – великий конус; 3 – газовідвідні труби; 4 – флюс; 5 – кокс; 6 – руда; 7 – кожух; 8 – краплі чавуну; 9 – краплі шлаку; 10 – броня, 11 – шлакова льотка; 12 – жолоб для випуску шлаку; 13 – лещадь; 14 – жолоб для випуску чавуну; 15 – чавунна льотка; 16 – рідкий шлак; 17 – фурми, 18 – кільцевий повітропровід; 19 – опорне кільце, 20 – вогнетривка кладка

У верхній частині горна V розташовані *фурми* 17 – пристрій для вдування в піч гарячого повітря, що забезпечує горіння палива. Фурми розташовані по колу горна. У доменних печей їх буває шістнадцять і більше. Повітря в фурми потрапляє з кільцевого повітропроводу 18. У верхній частині горна розташований отвір для випуску чавуну – чавунна льотка 15. Вище чавунної льотки влаштована шлакова льотка 12 – для випуску шлаку. Температура в горні сягає 1800°C. На дні горна, званому лещадью (13), накопичуються рідкий чавун і шлак. Чавун випускають з печі періодично (6-8 разів на добу). Разом з чавуном з печі витікає шлак, який називають нижнім. Верхнім називають шлак, який випускають через шлакові льотки.

Основою печі є важкий залізобетонний фундамент. Шахта укріплена на колонах, пов'язаних з фундаментом. Допоміжні пристрої доменних печей повинні бути надійні в роботі для безперебійного обслуговування печей протягом 5-7 років. До їх числа відносяться: підйомні і завантажувальні механізми, ливарні двори і піддоменники, повітронагрівачі, повітродувні машини і газоочисники.

Повітронагрівачі призначені для нагріву повітря, що потрапляє в доменну піч, з метою прискорення процесу плавки шляхом отримання в горні високої температури при меншій витраті палива. Нагрівання відбувається спалюванням доменного газу, що надходить в пальник, де газ змішується з повітрям і згоряє.

Під час доменної плавки йдуть такі процеси:



Домна працює безперервно, завантаження шихти і слив чавуну і шлаку проводять періодично.

В результаті доменного процесу утворюється чавун, який має наступний склад:

Fe – 91-94%; C – 3,5-4,5%; 1-5% домішки (сполуки сірки, фосфору, марганцю).

Особливістю доменної плавки є те, що чавун накопичується під шаром шлаку і шлак є регулятором складу чавуна. Випуск чавуну і шлаку проводиться через 1-2 год. Чавуни, що виплавляються в доменній печі, в залежності від способу подальшого використання діляться на 3 групи:

- переробні – основна кількість, вони направляються в сталеплавильне виробництво;
- ливарні – використовуються в ливарному виробництві, їх основною особливістю є високий вміст кремнію і фосфору. Ці домішки підвищують рідиннотекучість;
- спеціальні – використовуються для певних цілей.

Колошниковим газ, його очищення

Колошниковий газ має наступний склад: CO – 20-40%; CH₄ – 0,1-0,3%; H₂ – 1,4-5%; CO₂ – 3,5-20%; N₂ – 40-60%; запиленість – 15-20 г/м³; температура 200-250 °C; кількість газу становить 2-3 тис м³/т чавуну.

Колошниковий газ вибухонебезпечний, тому якщо його без очищення викидають в атмосферу, то в міжконусний простір подають воду.

Для використання колошникового газу в якості палива виконують його очищення від пилу в сухих пиловловлювачах інерційного або відцентрового типу, а потім доочищення в мокрих пилеуловлювачах. Після очищення газ збирається в газгольдери, звідки подається на спалювання.

Доменний шлак, його використання

Доменний шлак має наступний склад: SiO₂ – 33-40%; Al₂O₃ – 4-16%; CaO – 30-50%; MgO – 1-7%; Fe – 0,3-1%. У рік утворюється до 100 млн т доменних шлаків.

В даний час доменні шлаки перероблюються практично повністю. Існують наступні методи переробки шлаків:

- метод гранулювання;
- отримання шлакової пемзи;
- отримання литого шлакового щебеню;
- отримання шлаковати.

Гранулювання шлаку

Шлаковий розплав подають в приймальний лоток, звідки він подається на гранулятор, який являє собою порожнистий барабан, забезпечений порожнинами, що обертаються зі швидкістю 250-300 об/хв.

Гранулювання шлаку здійснюється за рахунок надходження в приймальний лоток води, що частково охолоджує і спучує шлак.

Затвердіння гранул шлаку відбувається в повітрі при їх відкиданні лопатями барабана на спеціальний майданчик. Гранульований шлак використовують як наповнювач для бетону і як добавку при виробництві портландцементу (до 15% по масі).

Отримання шлакової пемзи

Для отримання шлакової пемзи в траншею подається невелика кількість води, на воду подають розплавлений шлак. Відбувається випаровування води. Пари води спучують шлакову масу. Отримують легкий пористий матеріал – шлакову пемзу, яка використовується як наповнювач для легких бетонів. Шлакова пемза в 2-3 рази дешевше керамзиту.

Отримання литого шлакового щебеню

Литий щебінь отримують наступним чином: розплавлений шлак заливають в траншею, в якій він повільно охолоджується. Отриману масу дроблять і

розсіюють на грохотах. Використовують в дорожньому будівництві і як наповнювач для бетонів.

Отримання шлаковати

Для отримання шлаковати шлаковий розплав заливають у ванну печі, додають бій скла для збільшення кислотності рас плаву і при перемішуванні нагрівають до температури 1350-1400°C. Потім отриманий розплав подають на центрифугу, де наслідком дії відцентрових сил розплавлена маса перетворюється в у волокно. Волокна осаджують на рухомій сітці. Після охолодження їх розрізають на частинки потрібної довжини.

Отримання шлакового цементу

Шлаки розмелюють і отримують шлаковий цемент, який має низькі в'язучі властивості. Однак якщо до шлаку додати лужні добавки (оксиди кальцію і натрію або соду) в кількості не більше 5%, то отриманий цемент буде володіти гарними в'язучими властивостями. Він називається шлаколужним. Його собівартість приблизно в 3 рази менше, ніж собівартість портландцементу.

3.4 Виробництво сталі

Основні реакції сталеплавильних процесів

Процес отримання сталі – процес окислювальний. Сталь – результат окислення домішок чавуну. Окислювачем в сталеплавильному процесі є кисень. При написанні реакцій доцільно скористатися наступними позначеннями: О – газова фаза; [О] – фаза металу; (О) – фаза шлаку.

Окислення вуглецю

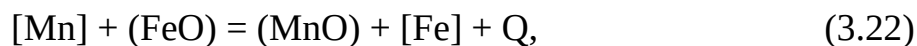
Реакція окислення вуглецю є основним процесом, газова фаза, що утворюється, перемішує метал, вирівнює його склад і температуру. Окислення вуглецю утворюється за таких реакцій:



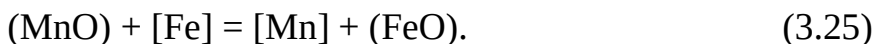
Окислення і відновлення марганцю

Процеси окислення марганцю протікають при відносно невисоких температурах:





При високих температурах марганець здатний відновлюватися:



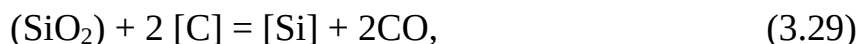
Процеси окислення і відновлення марганцю йдуть в залежності від температури і складу шлаку.

Окислення кремнію

Окислення кремнію відбувається за таких реакцій:

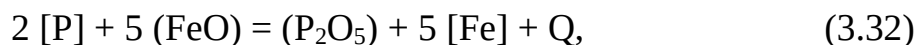


При високих температурах може відбуватися і відновлення кремнію:



Окислення фосфору

Окислення фосфору утворюється за таких реакцій:



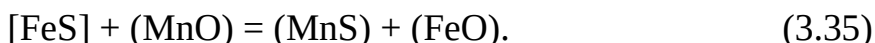
Фосфор є однією з найбільш шкідливих домішок. Він може відновлюватися при підвищеній температурі, високому вмісту кремнію і низькому вмісту FeO в шлаку. Для того щоб найбільш повно видалити фосфор, необхідно:

- забезпечення окислювального середовища, зокрема високого вмісту FeO в шлаку;
- наявність шлаків, що містять мало фосфору (часта зміна шлаку);
- підтримка щодо невисокої температури.

Окислення сірки

Сірка поряд з фосфором є найбільш шкідливою домішкою. Окислення сірки йде на поверхні розділу фаз, тому для збільшення ефективності необхідно інтенсивне перемішування.

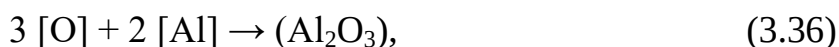
Окислення сірки утворюється за таких реакцій:



Найбільш повного видалення сірки сприяють наявність шлаків з високим вмістом CaO, низька окисленність фази металу (низький вміст кисню в фазі металу), низька концентрація сірки в шлаку, інтенсивне перемішування металу зі шлаком, висока температура.

Видалення газів зі сталі

Зміст газів в сталі (водню, азоту, кисню) має бути мінімальним, так як їх присутність приводить до погіршення якості сталі, в першу чергу, до зменшення її міцності. Водень і азот видаляються разом з CO в результаті *кипіння ванни*. Для видалення кисню проводять *розкислення сталі*, тобто видалення кисню шляхом зв'язування його в оксиди металів, що мають більшу спорідненість до кисню, ніж залізо. Зазвичай в якості розкислювачів використовують кремній і алюміній. Розкислення йде по таких реакцій:



Розкислення буває двох видів:

- глибинне – розкислювачі вводять в глибину металу. В цьому випадку потрібен певний час для того, щоб продукти розкислення вплинули на поверхню металу і перейшли в шлак;
- дифузійне – розкислювачі в тонкоподрібненому вигляді подають на шлак, що покриває метал. Спочатку відбувається розкислення шлаку, потім розкислення металу, тобто процес йде на межі розподілу фаз.

Шихтові матеріали сталеплавильного виробництва

До складу шихти для отримання сталі входять:

- металомісткі матеріали: чавун, металобрухт (скрап);
- окислювачі: повітря, чистий кисень, залізна руда;
- флюси: вапняк, боксити.

Чавун може бути використаний як в рідкому вигляді, так і в твердому. Металобрухт утворюється на металургійних підприємствах, в процесі металообробки. Також широко використовується амортизаційний металобрухт. Його склад не завжди відомий, він може містити в шкідливі домішки, тому необхідно проводити підготовку металобрухту. Зазвичай його пресують,

дроблять, обпалюють. Затрати на підготовку металобрухту менше витрат на виплавку чавуну.

Конверторний спосіб отримання сталі

Конвертерним способом отримують більше 50% сталі. Цей метод розробив і в 1856 р реалізував англійський металург Генрі Бессемер. А у 1860 Бессемер запатентував обертальний конвертер з подачею повітря через днище і цапфи, конструкція якого в основному збереглася до нашого часу. Бессемер також висунув ідею беззливкової прокатки сталі.

При отриманні сталі конверторним методом проводять продування рідкого чавуну повітрям в реторті-конвертері через встановлену в днищі конвертера фурму. При цьому домішки, присутні в чавуні, окислюються. Цей процес йде з виділенням тепла, в результаті чого температура підвищується до значень, необхідних для окислення сірки, тому при використанні цього методу не потрібне додаткове паливо. Якщо для продувки використовувати повітря, то сталь буде мати низку недоліків: високий вміст азоту; невисока якість; не можна використовувати металобрухт. Тому було запропоновано вести продувку не повітрям, а киснем. Метод став називатися киснево-конвертерним. Він має наступні переваги:

- можливість переробки чавуну будь-якого складу;
- висока якість отриманої сталі;
- низька собівартість через те, що використовується до 30% скрапу.

Стадії виробництва сталі:

- 1) завантаження металобрухту;
- 2) заливка чавуну;
- 3) продування киснем;
- 4) завантаження флюсів (здійснюється порціями протягом всієї плавки);
- 5) злив сталі і шлаку.

6) стадії 1-2 проводяться в похилому положенні; 3-4 – в вертикальному.

Продування киснем – основна стадія процесу. Її тривалість становить 15-30 хв.

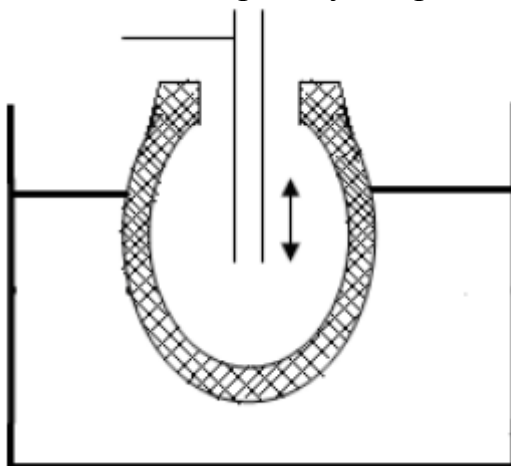


Рисунок 3.9 Схема конвертера

Конвертер зсередини футерован вогнетривкою цеглою (рис. 3.9). Товщина стінок становить 700-1000 мм. Використовується водоохолоджувана фурма.

Очищення конвертерних газів

В результаті продувки чавуну киснем утворюються гази, які містять велику кількість пилу, СО і мають температуру 1600-1700 °С, що робить цей газ вибухонебезпечним. Існує декілька методів очищення конвертерних газів.

Очищення конвертерних газів з догоранням СО

Між конвертером і газовідвідним трактом завжди є зазор. При відведенні газу з конвертера в цьому зазорі створюють розрідження, що забезпечує вловлювання газів, які виділяються з конвертера. При цьому по периметру газового струменя, що надходить в газохід, підсмоктується зовнішнє повітря, що призводить до згорання СО. Таким чином, в систему газоочищення надходять продукти згорання конвертерного газу, робота з якими безпечна.

Перед системою газоочищення часто встановлюють котел-утилізатор, де газ охолоджується до 500 °С і утворюється пара з температурою до 300 °С. якщо тепло не використовують, то для охолодження газу вприскують воду. Склад газу після згорання: CO_2 – 31%; N_2 – 60%; O_2 – 9%; SO_2 до 50 мг/м³, фториди – до 100 мг/м³, запиленість – 100-150 г/м³.

Для очищення від пилу використовуються інерційні, відцентровані апарати, для доочищення – мокре пилеочищення або рукавні фільтри і електрофільтри. Після доочищення зміст пилу не перевищує 10 мг/м³.

Очищення конвертерних газів без догорання СО

У цьому випадку проводять відведення газу без доступу повітря, для цього роз'єм ущільнюють. Газохід попередньо продувають азотом.

Газ має наступний склад: CO_2 – 17%; N_2 – 16%; СО – 67%; SO_2 – до 70 мг/м³; фториди – до 200 мг/м³; запиленість – до 200 г/м³.

Кількість газу, що надходить на очистку, в цьому випадку значно менше, ніж в разі очищення газу після догорання СО, отже, система газоочищення дешевша.

Для очищення від пилу використовуються інерційні, відцентровані апарати, для доочищення використовується мокре пилеочищення або рукавні фільтри.

Після доочищення вміст пилу не перевищує 10 мг/м³. Газ вибухонебезпечний, тому не можна використовувати сухі електрофільтри. Також необхідно приділяти підвищену увагу герметичності обладнання, і кожен конвертер повинен мати окремий газохід.

Газоходи при використанні цього методу практично не підлягають корозії, так як СО – сильний відновник. Вловлений пил в основному містить оксиди заліза і направляється в доменне виробництво.

3.5 Контрольні запитання

1. З яких частин, узятих в певному співвідношенні, повинна складатися шихта для отримання чавуну заданого сорту?
2. Які гірські породи відносяться до залізних руд, що містять залізо в певному відсотковому співвідношенні?
3. Що є основними мінералами червоного, магнітного та бурого залізняка?
4. Що треба зробити перед завантаженням руди в доменну піч, тобто при її підготовці до плавки?
5. В скільки етапів проводиться дроблення? Вказати розміри дроблення.
6. В чому проводять дроблення?
7. Чим відрізняється грохочення від класифікації?
8. В чому полягає процес збагачення? Що отримують в результаті збагачення?
9. Що використовується для водної промивки?
10. Пояснити процес відсадження, як працює відсадна машина з нерухомим решетом?
11. Для яких руд застосовується флотація? На яких відмінностях властивостей рудного мінералу і пустої породи заснована флотація? Якою буває флотація?
12. Що вкрай негативно впливає на показники доменного процесу? Що має найбільш важливе значення для доменного процесу? На скільки відсотків повинен змінюватися вміст заліза?
13. Що таке окусовання? Які два способи окусовання?
14. Які процеси відбуваються в шихті при агломерації крім окусовання?
15. Назвати основні етапи агломерації.
16. Які переваги офлюсованого агломерату?
17. З яких двох стадій складається процес виробництва окатишів?
18. Охарактеризувати процес виробництва окатишів.
19. Які промислові викиди утворюються при підготовці руди? Як проходить їх очищення у процесі збагачення, флотації, випалу?
20. З яких складових складається доменна піч? Які процеси проходять в кожній її частині?
21. На які три групи в залежності від способу подальшого використання діляться чавуни?
22. Що виконують для подальшого використання колошникового газу в якості палива?
23. Які існують методи переробки шлаків?
24. Процес отримання сталі є процесом окислювальним чи лужним?
25. Сталь – це результат окислення чого? Що виступає окислювачем в сталеплавильному процесі? Як та які гази видаляють зі сталі?
26. Які види розкислення сталі існують, на чому вони базуються?
27. Які складові входять складу шихти для отримання сталі?
28. Які основні патенти Генрі Бессемера в металургійному виробництві.

29. Що більш ефективно використовувати для продувки в конверторному способі отримання сталі?

30. Які використовують методи для очищення конвертерних газів, які утворюються в результаті продувки чавуну киснем?

3.6 Тестові запитання

Тест 3. Чорна металургія

1. Шихта для отримання чавуну заданого сорту складається з трьох основних частин, узятих в певному співвідношенні. Вказати зайве.

- а) залізорудний матеріал ☐
- б) кокс ☐
- в) пуста порода ☐
- г) флюси ☐

2. До залізних руд відносяться гірські породи, що містять залізо в певному відсотковому співвідношенні, а саме? Вказати зайве.

- а) червоний залізняк ☐
- б) білий залізняк ☐
- в) магнітний залізняк ☐
- г) бурий залізняк ☐

3. Що є основним мінералом червоного залізняка?

- а) гематит - Fe_2O_3 ☐
- б) магнетит - Fe_3O_4 ☐
- в) гідрогематит - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ☐
- г) гьотит ($\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$) ☐

4. Що є основним мінералом магнітного залізняка?

- а) гематит - Fe_2O_3 ☐
- б) магнетит - Fe_3O_4 ☐
- в) гідрогематит - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ☐
- г) гьотит ($\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$) ☐

5. Що є основним мінералом бурого залізняка?

- а) гематит - Fe_2O_3 ☐
- б) магнетит - Fe_3O_4 ☐
- в) гідрогематит - $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ☐
- г) гьотит ($\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$) ☐

6. З чого складається повний комплекс операцій перед завантаженням руди в доменну піч при? Обрати зайве.

- а) дроблення, подрібнення і класифікації ☐
- б) збагачення, усереднення ☐
- в) вилучення ☐
- г) окусковання ☐

7. Які розміри при середньому дробленні мають частинки породи? ☐;
- а) 1500-250 мм ☐;
- б) 250-50 мм ☐;
- в) 50-5 мм; ☐;
- г) 0,2-0,4 мм ☐.
8. Де проводиться подрібнення? ☐;
- а) кульових або стрижневих млинах ☐;
- б) горизонтальних млинах ☐;
- в) вертикальних млинах ☐;
- г) центробіжних млинах ☐.
9. Що таке грохочення? ☐;
- а) поділ матеріалу на класи крупності за допомогою решіток або механічних сит для частинок діаметром менше 1 мм ☐;
- б) поділ матеріалу на класи крупності за допомогою решіток або механічних сит для частинок діаметром більше 1 мм ☐;
- в) поділ матеріалів за класами крупності на основі різниці швидкостей падіння, для частинок менше 1 мм ☐;
- г) поділ матеріалів за класами крупності на основі різниці швидкостей падіння, для частинок більше 1 мм ☐.
10. Що таке класифікація? ☐;
- а) поділ матеріалу на класи крупності за допомогою решіток або механічних сит для частинок діаметром менше 1 мм ☐;
- б) поділ матеріалу на класи крупності за допомогою решіток або механічних сит для частинок діаметром більше 1 мм ☐;
- в) поділ матеріалів за класами крупності на основі різниці швидкостей падіння, для частинок менше 1 мм ☐;
- г) поділ матеріалів за класами крупності на основі різниці швидкостей падіння, для частинок більше 1 мм ☐.
11. Що отримують в результаті збагачення? ☐;
- а) рудний матеріал та порожню породу ☐;
- б) корисні компоненти та шкідливі домішки ☐;
- в) рудний матеріал та шкідливі домішки ☐;
- г) концентрат та хвости ☐.
12. Для збагачення яких руд найчастіше застосовується флотація? ☐;
- а) залізних руд ☐;
- б) кольорових металів ☐;
- в) марганцевих руд ☐;
- г) хромових руд ☐.

13. Якою буває флотація?

- а) залізних руд ☐;
- б) кольорових металів ☐;
- в) прямою та зворотною ☐;
- г) вертикальною та горизонтальною ☐.

14. Які існують два основних способи окусовання, що використовуються в доменному виробництві?

- а) агломерація та отримання окатишів ☐;
- б) спікання та офлюсування ☐;
- в) агломерація та офлюсування ☐;
- г) спікання та отримання окатишів ☐.

15. Які процеси відбуваються в шихті при агломерації крім окусовання? Обрати зайве.

- а) не відбувається розкладання карбонатів та часткове ☐; шлакоутворення
- б) видаляється частково сірка і миш'як ☐;
- в) розкладаються карбонати ☐;
- г) відбувається часткове шлакоутворення ☐.

16. Які основні етапи агломерації? Обрати зайве.

- а) дозування та змішування ☐;
- б) огрудкування ☐;
- в) спікання ☐;
- г) шлакоутворення ☐.

17. Що є міцнішим окатиші чи агломерат?

- а) окатиші ☐;
- б) агломерат ☐;
- в) однакові по міцності ☐;
- г) важко визначити ☐.

18. На які три групи в залежності від способу подальшого використання діляться чавуни? Обрати зайве.

- а) переробні ☐;
- б) ливарні ☐;
- в) домішкові ☐;
- г) спеціальні ☐.

19. Що таке переробні чавуни?

- а) вони складають основну кількість усіх чавунів, вони ☐; направляються в сталеплавильне виробництво
- б) основною особливістю переробних чавунів є високий вміст ☐; кремнію і фосфору, що підвищує рідиннотекучість
- в) використовуються для певних цілей ☐;
- г) увесь чавун, що виготовляється ☐.

20. Колошниковий газ характеризується? Обрати зайве.

- а) вибухонебезпечний ☐;
- б) вибухобезпечний ☐;
- в) без очищення не викидають в атмосферу ☐;
- г) для викиду в атмосферу в міжконусний простір подають ☐.

воду

21. Як використовується гранульований шлак?

- а) як наповнювач для легких бетонів ☐;
- б) як наповнювач для бетонів та в дорожньому будівництві ☐;
- в) не використовується в інших виробництвах ☐;
- г) як наповнювач для бетону та як добавку при виробництві ☐.

портландцементу

22. Як використовується литий шлаковий щебінь?

- а) як наповнювач для легких бетонів ☐;
- б) як наповнювач для бетонів та в дорожньому будівництві ☐;
- в) не використовується в інших виробництвах ☐;
- г) як наповнювач для бетону та як добавку при виробництві ☐.

портландцементу

23. Яка реакція є основним процесом при отриманні сталі?

- а) окислення кремнію ☐;
- б) окислення фосфору ☐;
- в) окислення вуглецю ☐;
- г) окислення сірки ☐.

24. Як видаляється водень та азот із сталі?

- а) в результаті кипіння ванни ☐;
- б) в результаті розкислення сталі ☐;
- в) в результаті луження ☐;
- г) не видаляється ☐.

25. Як видаляється кисень із сталі?

- а) в результаті кипіння ванни ☐;
- б) в результаті розкислення сталі ☐;
- в) в результаті луження ☐;
- г) не видаляється ☐.

26. Які складові входять складу шихти для отримання сталі? Обрати зайве.

- а) металомісткі матеріали ☐;
- б) окислювачі ☐;
- в) флюси ☐;
- г) луи ☐.

27. Хто із учених зареєстрував патент на конвертер для переділу рідкого чавуну в сталь продуванням повітря без витрат пального?

- а) Генрі Бессемер ☐
- б) Річард Тревітік ☐
- в) Джеймс Уатт ☐
- г) Генрі Корт ☐

28. Що більш ефективно використовувати для продувки в конверторному способі отримання сталі?

- а) повітря ☐
- б) кисень ☐
- в) сірчаний газ ☐
- г) хлорний газ ☐

29. Які переваги використання кисню для продувки в конверторному способі отримання сталі? Обрати зайве.

- а) можливість переробки чавуну будь-якого складу ☐
- б) високий вміст азоту ☐
- в) висока якість отриманої сталі ☐
- г) низька собівартість через те, що використовується до 30% ☐

скрапу

30. Які використовують методи для очищення конвертерних газів, які утворюються в результаті продувки чавуну киснем? Обрати зайве.

- а) з догоранням та без догорання CO ☐
- б) з догоранням та без догорання CO₂ ☐
- в) з догоранням та без догорання SO ☐
- г) з догоранням та без догорання SO₂ ☐

4. Кольорова металургія

4.1 Загальна характеристика кольорової металургії

Кольорова металургія – галузь важкої промисловості, підприємства якої видобувають і збагачують руди, виробляють та обробляють кольорові метали, рідкісні й дорогоцінні метали та їх сплави, видобувають природні алмази та іншу мінеральну сировину. До кольорової металургії належать також заготівля й переробка вторинних кольорових металів (рис. 4.1).

Основні види продукції кольорової металургії – руди, концентрати, метали і сплави кольорових металів, порошки, хімічні сполуки кольорових металів, вироби з кольорових металів і сплавів; попутна продукція – мінеральні добрива, будівельні матеріали (рис. 4.2).

Провідні позиції за запасами сировини кольорової металургії займають: Гвінея – боксити, Канада – цинк, вольфрам, США – молібден, Австрія – свинець, ПАР – золото, Мексика – срібло, Конго – кобальт, Болівія – літій, Чилі – мідь, Індонезія – олово.



Рисунок 4.1 Діяльність підприємств кольорової металургії

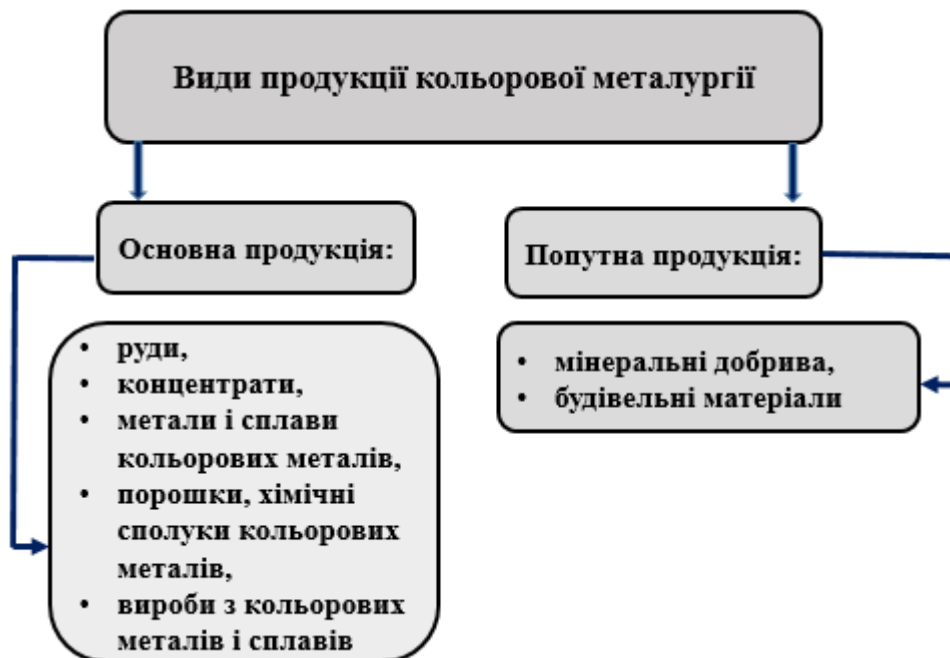


Рисунок 4.2 Види продукції кольорової металургії

Найбільшими басейнами кольорової металургії в світі є: басейн Королеви Вікторії, басейн Хіменес-Мата, басейн Сомбрано, Гельсінський басейн, басейн Байдабо, Улан-Батор, Лабрадорський, Перт, Миколаївський басейн.

Найбільші підприємства галузі в Україні:

- Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат;
- Верхньодніпровський гірничо-металургійний комбінат;
- Побузький нікелевий завод;
- Артемівський завод по обробці кольорових металів;
- Запорізький титаномagneзійний комбінат;
- Торезький завод наплавочних твердих сплавів.

4.2 Кольорова металургія України

Продукція кольорової металургії широко використовується у *точному машинобудуванні, літакобудуванні, електроніці, робототехніці*.

Кольорова металургія в Україні розвинута недостатньо через недостатність власної сировини.

Розміщення підприємств кольорової металургії зумовлено переважно двома основними факторами: *сировинним і енергетичним*.

Підприємства, які переробляють руди з незначним вмістом основного металу, тяжіють до *джерел сировини* (виплавка ртуті, нікелю, рідкісних металів та ін.) *Енергомісткі виробництва* (титано-магнезійне, цинкове, алюмінієве) розміщуються в місцях дешевої електроенергії, як правило, поблизу потужних електростанцій.

Виробництво кольорових металів переважно енергоємне (потребує багато електроенергії), тому підприємства розташовують поблизу джерел дешевої електроенергії. Так, виробництво алюмінію, титану та магнезії зосереджено в Запоріжжі й базується на дешевій енергії Дніпрогесу і завезеній сировині. До джерел електроенергії тяжіють Костянтинівський цинковий завод і Артемівський завод переробки кольорових металів.

Поблизу джерел сировини розміщені Калуський хіміко-металургійний (виготовлення металевих магнезій) і Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат (збагачення руд титану).

На імпортованій сировині працює Миколаївський глиноземний завод.

Підприємства кольорової металургії є *одним з основних стаціонарних джерел забруднення навколишнього середовища*. Вони викидають в атмосферу оксиди азоту, сірчистий газ. Ґрунти забруднюються свинцем, цинком, хромом, міддю. Значні земельні площі доводиться вилучати під звалища промислових відходів (рис. 4.3).

Складність розвитку галузей кольорової металургії зумовлена їх високою енергоємністю, водоємністю і матеріаломісткістю. Тому виплавка кольорових металів в Україні зменшується.



Рисунок 4.3 Джерело забруднення навколишнього середовища

До чорних металів належать залізо, хром і марганець. Всі інші метали відносяться до кольорових.

Кольорові метали діляться на групи:

- важкі – Cu, Ni, Co, Pb, Zn, Sn;
- легкі – Al, Mg, Ca, K, Na, Ba, Be, Li;
- благородні – Au, Ag, Pt, Ir, Ro, Pd, Os;
- рідкісні і розсіяні – Mo, W, Va, Ti, Sc і ін.

4.3 Виробництво міді

У рік випускають до 4 млн т міді. Вона використовується в основному в електротехніці, так як має високу електропровідність. Сировиною для виробництва міді служать мідні руди:

- мідний колчедан (халькопірит) – CuFeS_2
- халькозин – Cu_2S ;
- ковелін – CuS ;
- куприт – Cu_2O ;
- тенорит – CuO ;
- малахіт – $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$.

Порожня порода складається з піриту, кварцу, карбонатів магнію і кальцію. Всі мідні руди діляться на сульфідні, окислені і змішані.

Сульфідні руди мають наступний склад: Cu – 1-6%, Fe – 1-40%, S – 9-45%, Zn – 1-6%, SiO_2 – 5-55%, Al_2O_3 – 2-12%, CaO – до 4%, MgO – до 1,5%. Окислені руди мають наступний склад: Cu – 2%, Fe – 1%, S – 0,1-0,2%, SiO_2 – 60-68%, Al_2O_3 – 10-16%, оксиди Cu і Mg – 0,5%.

Для отримання міді використовують два основні методи:

- гідрометалургійний метод використовують тільки при переробці бідних окислених руд;
- пірометалургічний метод використовується для переробки будь-яких руд. В даний час цей метод є основним способом отримання міді.

Підготовка мідних руд до плавки

Основними етапами підготовки мідних руд до плавки є: дроблення, подрібнення; збагачення; окускування.

Дроблення і подрібнювання проводяться з використанням того ж обладнання, що і в чорній металургії.

Збагачення проводиться зазвичай методом флотації. У результаті збагачення отримують мідний концентрат, що містить 8-35% міді, 40-50% сірки і 30-35% заліза.

Окусування проводять методами агломерації, обливання і брикетування. Агломерація і отримання окатишів проводиться так само, як в чорній металургії.

Метод брикетування

До складу шихти входять: руда і брикетна дрібниця – 87-90%; трепел (осадовий кремнезем, що містить до 75% SiO_2) – 6-8%; вапно (розмір часток до 3 мм) – 4-5%. Всю шихту подають в змішувальний барабан, туди ж подають пар і трохи води. Там йдуть процеси змішання і гасіння вапна. Потім суміш з барабана подають в бункер і на прес, де отримують брикети. Їх направляють на пропарювання, яке йде 5-6 год при температурі 175 °С і підвищеному тиску. При цьому йде процес взаємодії вапна з кремнеземом:



В результаті взаємодії утворюється гідросилікат кальцію, який надає міцності брикетам, виступає сполучною ланкою.

Випал мідного концентрату

Випал проводиться для видалення надлишків сірки, крім того, він забезпечує гарне змішування всіх компонентів шихти і її нагрівання до температури 500-600°С. Однак при плавці обпалених концентратів збільшуються втрати міді з шлаком і підвищується винесення пилу, тому багаті мідні концентрати з вмістом міді більше 25% плавлять без випалу, бідні (з вмістом міді менше 25%) випалюють. Випал ведуть в печах різної конструкції. Найбільш ефективними є печі киплячого шару, які забезпечують високий вміст сірчистого газу, що дозволяє використовувати гази, що відходять для виробництва сірчаної кислоти.

При збагаченні дуття киснем до 25% продуктивність печей зростає на 26%, а при збагаченні дуття киснем до 27%, продуктивність печей зростає на 38%, крім того, збільшується концентрація SO_2 в газах.

У процесі випалу шихту нагрівають до 750-800 °С, сульфіді загоряються і випал потім йде автотермічно (тобто без підведення тепла зовні). Температура випалу не повинна перевищувати 850 °С, щоб не відбувалося спікання шихти. Тому вміст сірки не повинен перевищувати 27%. Для підтримки температури на необхідному рівні до шихти додають флюси (в першу чергу вапняк).

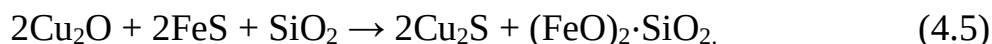
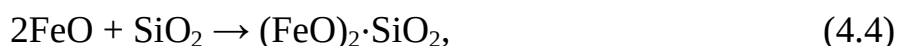
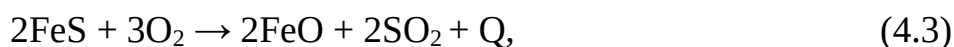
Отримання чорнової міді

Отримання чорнової міді йде в кілька етапів.

Плавка мідних концентратів на штейн

У піч завантажують мідний концентрат, вапняк і кокс. Загрузку ведуть окремими порціями (колошами). У нижній частині печі знаходяться фурми для подачі повітря. У нижній частині печі створюється окислювальна атмосфера, а в верхньої – відновлювальна. Температура біля фурм становить 1500 °С, а на виході з печі газу мають температуру 400 – 450°С.

У нижній частині печі йдуть такі процеси:



У верхній частині печі:



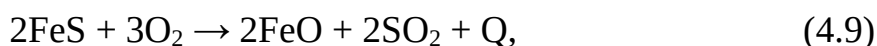
В результаті цих процесів утворюється штейн, що містить від 15 до 40% міді, і шлак, що складається з силікатів заліза і кальцію. Крім того, утворюється колошниковий газ, що містить CO, CO₂, COS, CS₂. Під час плавки штейн випускається періодично, а шлак – безперервно в спеціальні коші.

Конвертація мідного штейну

Конвертер має циліндричну форму (рис. 4.4), зсередини футерований магнезитовою цеглою. Розміри: довжина – 6-10 м, діаметр – 3-4 м. Кількість фурм 46–52, діаметр – 50 мм. В конвертор заливають штейн і подають кварцовий флюс, що містить 70-80% SiO₂. Флюс подають і під час плавки.

Процес конвертації можна розділити на два періоди.

Перший період – окислювальний. Під час цього періоду відбувається окислення сульфідів заліза з отриманням білого штейну. Тривалість періоду – 6-25 год залежно від вмісту міді. У міру накопичення шлаку його частково видаляють і заливають в конвертер нову порцію штейну, підтримуючи рівень постійним. Під час першого періоду йдуть такі процеси:



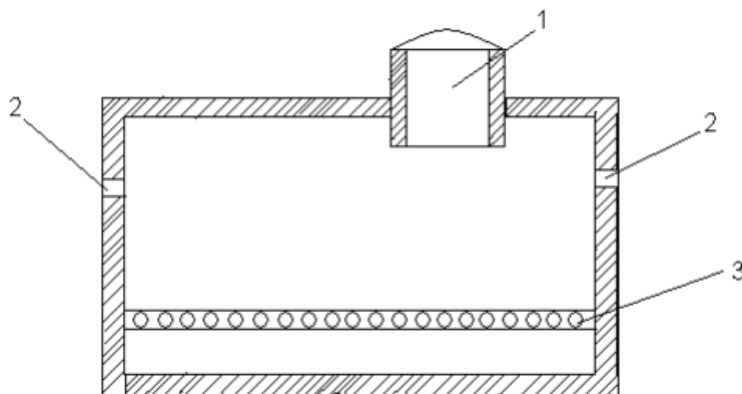
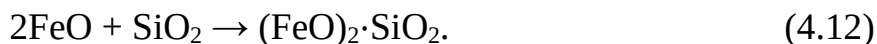
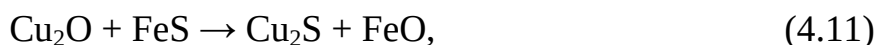


Рисунок 4.4 Конвертер: 1 – горловина; 2 – отвір для завантаження флюсу; 3 – повітряні фурми

Поки є FeS, Cu_2O накопичуватися не буде, так як спорідненість заліза до кисню вище, ніж міді:

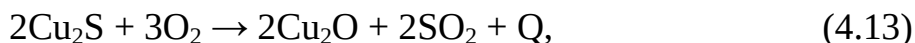


В результаті всіх цих процесів температура підвищується з 1100-1200 °С до 1300-1350 °С. Більш висока температура небажана, тому при конвертації штейну з високим вмістом FeS додають охолоджувачі (твердий штейн або мідний концентрат).

До кінця першого періоду в конвертері накопичується:

- білий штейн, що містить до 80% міді, до 20% сірки і незначну кількість домішок;
- шлак, що містить до 3% Cu, 60-70% FeO, 17-28% SiO_2 .

Другий етап – реакційний. На цьому етапі з білого штейну отримують чорнову мідь. Тривалість етапу становить 2-3 год. Під час другого етапу йдуть такі процеси:



Чорнова мідь містить 97,5-99,5% міді, домішки: Fe, S, Ni, Sn, As, Sb, Au, Ag. Також утворюється шлак, який містить до 3,5% Cu, 45-70% FeO, 22-30% SiO_2 . Шлаки конвертації повертають на плавку, крім того, утворений газ, що містить 4-6% SO_2 , можна використовувати для виробництва сірчаної кислоти.

Потім чорнову мідь піддають вогневому і електролітичному рафінуванню.

Вогняне рафінування чорнової міді

Мета вогневого рафінування – перевести в шлак домішки, що мають більшу спорідненість до кисню, ніж мідь.

Вогняне рафінування проводять при температурі 1130-1150 °С в відбивних печах. Тривалість – кілька діб.

Етапи рафінування:

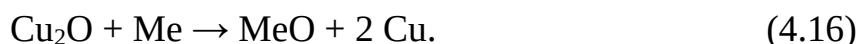
- а) розплавлення міді;
- б) окислення домішок;
- в) видалення розчинених газів;
- г) розкислення міді;
- д) розливання.

Окислення домішок

Основна реакція цієї стадії:



Ця реакція йде внаслідок того, що переважає маса міді. Потім йде реакція взаємодії оксиду міді з домішками:



В результаті окислення утворюється шлак (2-3% від маси міді, що потім піддається рафінуванню), який містить до 50% Cu, 40% SiO₂, 5-10% оксидів металів. Цей шлак повертають на конвертування.

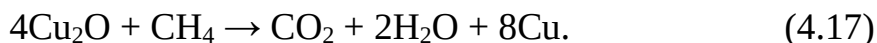
Видалення розчинених газів

Після видалення шлаку в ванну опускають сире дерево. При цьому відбувається бурхливе виділення парів води, що сприяє перемішуванню міді, завершенню окислення сірки, видаленню SO₂ і інших газів. Також для видалення газів можна використовувати природний газ.

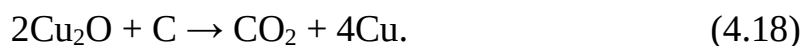
Розкислення

Основне завдання розкислення – зниження вмісту оксиду міді. При проведенні розкислення ванну покривають шаром вугілля, продувають природним газом, а якщо використовували жердини, то їх занурюють глибше і на більш тривалий час.

Під час продування природним газом йде реакція:



Якщо використовується вугілля або жердини, то йде наступна реакція:

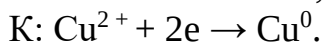
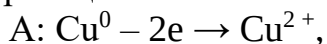


Вміст Cu_2O знижується з 10-12% до 0,3-0,5%. Вміст міді після вогневого рафінування становить 99-99,5%.

Електролітичне рафінування міді

Електроліз ведуть у ваннах ящикового типу, футерованих свинцем. Розміри ванни: довжина – 5,5 м, висота – 1 м, ширина – 1,2 м. В якості анодів використовується мідь після вогневого рафінування, в якості катодів – тонкі листи електролітичної міді.

В якості електроліту використовують розчин сульфату міді з концентрацією 30-40 г/л, підкислений сірчаною кислотою. Температуру процесу 55-70 °С. У процесі електролітичного рафінування на електродах йдуть такі реакції:

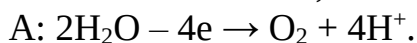
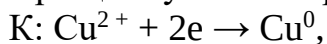


У процесі електролізу присутні в анодній міді розчинні домішки переходять в електроліт, благородні метали і нерозчинні хімічні сполуки концентруються в шлам, який вивантажують через 5-12 днів і направляють на вилучення благородних металів. Зміст міді після електролітичного рафінування складає 99,9%. Домішки, що накопичуються в електроліті погіршують процес електролізу і якість катодного міді, тому електроліт доводиться періодично міняти.

Електроліз з нерозчинним анодом

При використанні даного методу розчин відпрацьованого електроліту піддають електролізу з нерозчинним анодом.

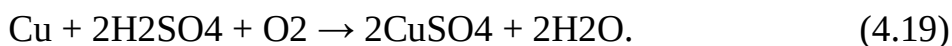
При цьому на електродах йдуть такі реакції:



При використанні даного методу досягається тільки ефективне вилучення міді з електроліту, причому її якість тим гірше, чим вищий вміст домішок у відпрацьованому електроліті. Витрата електроенергії в кілька разів більше, ніж при електролітичному рафінуванні.

Переробка відпрацьованого електроліту на купорос

При використанні даного методу розплавлену чорнову мідь з добавками сірки виливають тонким струменем у велику ємність з водою, щоб отримати гранули з розвиненою поверхнею, які завантажують в вертикальну циліндричну вежу. Туди ж подають розчин відпрацьованого електроліту, нагрітий до 80-95 °С, і забезпечують циркуляцію цього розчину. У вежі йде наступна реакція:



Процес ведуть до тих пір, поки рН не досягне 4,5-5,5. При цьому утворюються основні солі сурми, миш'яку і заліза в нерозчинному стані. Їх

відокремлюють від розчину фільтруванням і направляються на переробку. При цьому видаляється до 95% миш'яку і сурми. Тривалість нейтралізації складає до 24 год.

Після висвітлення розчин піддають упарюванню до щільності 1,45-1,48г/см³. Потім його направляють на кристалізацію, в процесі якої утворюються кристали $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Отриману пульпу направляють на центрифугу, отфуговані кристали сушать і отримують мідний купорос першого сорту. Маточний розчин знову піддають упарюванню, центрифугуванню, сушці і отримують купорос, але вже другого сорту. Потім розчин направляють на електроліз, де виділяють мідь до її залишкового вмісту 0,5-1 г/л, і після цього розчин знову упарюють і одержують брудний нікелевий купорос.

4.4 Виробництво алюмінію

Алюміній і його сплави застосовуються в авіації, наземному транспорті, харчовій промисловості. За загальним виробництвом алюміній займає друге місце в світі після заліза.

Електролітичний метод отримання алюмінію

В даний час електролітичний метод – це основний метод отримання алюмінію.

При отриманні алюмінію електроліз ведуть не з розчину, а з розплаву, так як алюміній знаходиться в ряду активності значно раніше водню, отже, при електролізі розчинів солей алюмінію на катоді буде відновлюватися не алюміній, а водень.

Сировиною для виробництва алюмінію є алюмінієві руди, плавиковий шпат, вапняк і сода.

Алюмінієві руди – боксити, апатити, нефеліни, каоліни.

Найбільш часто використовуються боксити. Вони містять більше 40 хімічних елементів, основні компоненти бокситів: Al_2O_3 – 28-70%, SiO_2 – 0,5-20%, Fe_2O_3 – 2-50%, TiO_2 – 0,01-10%.

Плавиковий шпат (CaF_2). У чистому вигляді в природі він не зустрічається, зазвичай він забруднений кремнеземом, оксидами заліза і алюмінію.

Плавиковий шпат збагачують промиванням або флотацією. Після збагачення зміст CaF_2 досягає 95%.

Виробництво алюмінію складається з трьох основних етапів:

- виробництво глинозему;
- отримання кріоліту;
- отримання з нього металевого алюмінію.

Виробництво глинозему

Існують різні методи отримання глинозему:

- хіміко-термічні методи;

- кислотні методи;
- лужні методи.

Лужні методи найбільш поширені. До них відноситься метод *Байєра*. Це один з кращих методів, але він придатний тільки для переробки високосортних бокситів з вмістом кремнезему не більше 3%.

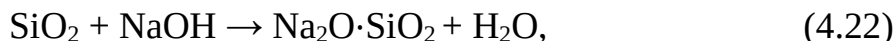
Основні операції виробництва глинозему

Підготовка бокситу

Боксити дроблять і подрібнюють в млинах, куди крім бокситів подають луг і оборотний розчин. Отриману сиру пульпу направляють на вилуговування.

Вилуговування

Вилуговування здійснюють в автоклавах при температурі 105-240⁰С і тиску до 3,5 МПа. Для підігріву використовують гострий пар. В процесі вилуговування йдуть такі реакції:



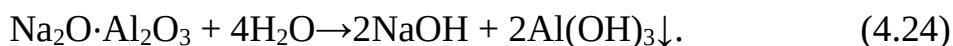
При високому вмісті кремнію втрачається велика кількість алюмінію і луку. В процесі вилуговування в розчин переходять з'єднання алюмінію, а в осаді залишаються з'єднання заліза, титану, а також сполуки кремнію.

Промивання

Пульпу, що утворюється, розбавляють промивними водами і подають в згущувач, де при температурі 90⁰С відбувається відділення червоного шламу від алюмінатного розчину. Цей розчин направляють на наступну стадію, а червоний шлам промивають гарячою водою. Освітлені промивні води подають на розведення наступної порції алюмінатної пульпи. Червоний шлам з згущувача направляється в шламонакопичувач.

Декомпозиція (розкладання алюмінатного розчину)

Алюмінатний розчин розбавляють водою і охолоджують, що призводить до гідролізу алюмінату натрію:



Процес прискорюють, додаючи кристали гідроксиду алюмінію в якості затравки. Тривалість декомпозиції – 50-75 год при повільному перемішуванні.

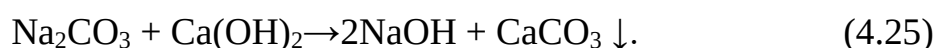
Виділення гідроксиду алюмінію

Пульпу подають в гідроциклони, де кристали гідроксиду алюмінію розділяються по класах крупності. При цьому виділяють продукційну частину осаду, яка на 50-60% складається з частинок розміром більше 50 мкм.

Більш дрібні частинки повертають на декомпозицію. З гідроциклонів продукційну частину осаду направляють на вакуум фільтри на зневоднення.

Упарювання маточного розчину

Маточний розчин піддають упарюванню з метою виділення надлишків води з процесу. В результаті отримують пульпу, що містить кристали Na_2CO_3 . Її піддають каустізації:



Карбонат кальцію відокремлюють відстоюванням, а освітлений розчин повертають на стадію вилуговування.

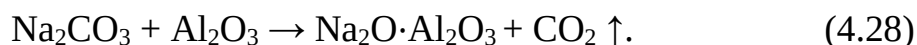
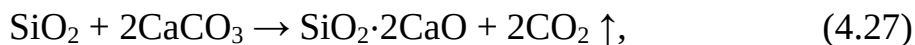
Зневоднення гідроксиду алюмінію

Осад, що утворюється на вакуум-фільтрі, подають в трубчасті печі або печі киплячого шару, де йде розкладання гідроксиду алюмінію при температурі 1200°C :



Ступінь вилучення глинозему становить 85-87%. На виробництво 1 т глинозему витрачається 2-2,5 т бокситу, 70-90 кг NaOH , 120 кг вапна, 280 кВт годин електроенергії.

Якщо боксити містять $> 3\% \text{SiO}_2$, то застосовують хіміко-термічні методи, наприклад *метод спікання*. Суміш бокситу, соди і вапняку нагрівають до $1100-1200^\circ\text{C}$ у трубчастих печах, при цьому йдуть такі реакції:



Потім отриманий спік розмелюють і проводять вилуговування гарячою водою. При цьому алюмінат натрію розчиняється, а кремній залишається, так як силікат кальцію практично нерозчинний. Подальша переробка ведеться так само, як в методі Байєра.

Виробництво кріоліту

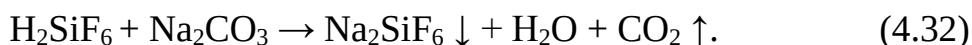
Кріоліт може бути отриманий кислотним або лужним способами. Кислотний спосіб найбільш поширений. Отримання кріоліту йде в 2 стадії.

Отримання фтористого водню

Фтористий водень отримують з плавикового шпату. Для цього тонкоподрібнений концентрат плавикового шпату обробляють сірчаною кислотою і нагрівають в трубчастих обертових печах до 200-250 °С. При цьому йдуть такі реакції:



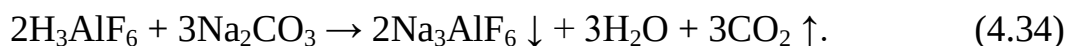
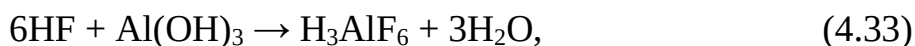
Газоподібні продукти після очищення від пилу поглинають водою в вертикальних вежах. При цьому утворюється розчин плавикової кислоти з домішкою кремнійфтористої кислоти. Для очищення від кремнію до цього розчину додають соду:



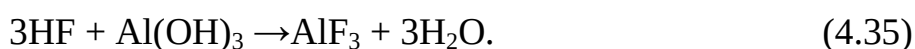
Кремнійфтористий натрій відокремлюють фільтруванням, і очищений розчин направляють на другу стадію.

Виробництво фтористих солей

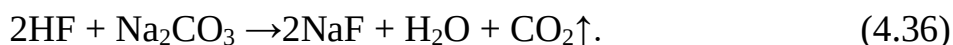
Для отримання кріоліту в розчин плавикової кислоти послідовно вводять гідроксид алюмінію і соду:



Отриманий кріоліт відфільтровують і сушать. Для отримання фториду алюмінію розчин плавикової кислоти приводять до взаємодії з гідроксидом алюмінію:



Для отримання фториду натрію розчин плавикової кислоти приводять до взаємодії з содою:



Електролітичне отримання металевого алюмінію

Алюміній отримують шляхом електролізу глинозему, який розчинений в кріоліті. Для зниження температури плавлення вводять спеціальні добавки: фториди кальцію і магнію і хлорид натрію – загальна кількість добавок повинна бути не більше 8%. Зміст глинозему в електроліті – 12%.

Такий склад дозволяє вести процес при 950-970°C. Електроліз ведуть в алюмінієвій ванні глибиною 400-600 мм. Катодом служить поверхня рідкого

алюмінію, що стикається з електролітом. Анод використовується вугільний, такий, що самоспікається.

Глинозем надходить в ванну зверху. При цьому внаслідок охолодження зовнішнім повітрям на поверхні виникає скоринка електроліту. На бічній поверхні ванни утворюється шар застиглого електроліту – гарніссаж. Він охороняє футеровку від руйнування і утеплює ванну. Алюміній накопичується під шаром електроліту. Його витягають раз в три доби за допомогою вакуумного кошу або сифона.

На катоді виділяється алюміній, так як він є самим електропозитивним з усіх катіонів. На аноді виділяється кисень, який взаємодіє з вуглецем анода з утворенням CO і CO₂.

Гази, що відходять, направляються на очищення.

Аноди, що самоспікаються, виготовляють із залишків після крекінга нафти і перегонки кам'яновугільної смоли, які характеризуються малою зольністю і являють собою в'язку масу. Отриману після змішання масу завантажують в спеціальний каркас, і поступово вся ця органічна маса з каркаса опускається вниз в електролізну ванну. При нагріванні цієї маси відбувається коксування, затвердіння її, в результаті чого анод в своїй нижній частині набуває твердість, міцність і підвищену електропровідність.

4.5 Джерела пилу та газоутворення і очищення газів, що відходять

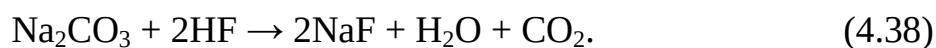
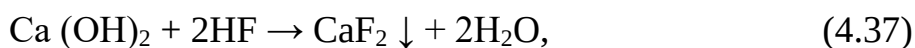
У процесі видобутку і транспортування бокситів утворюється сухий пил, очистку від якого ведуть з використанням циклонів, пилосаджувальних камер, рукавних фільтрів. Мокре пиловловлення не використовується, так як утворюється в'язкий шлам, який важко видаляти.

При виробництві глинозему джерелом утворення пилу яв є печі випалу гідроксиду алюмінію. Кількість пилу досягає 50% від маси готового продукту. Вміст пилу становить 10-25 г/м³. Для очищення використовують батарейні циклони і сухі електрофільтри. Причому циклони встановлюють безпосередньо над печами, і пил, що уловлюється, повертають на випал. Пил з електрофільтрів також повертають в піч.

При електролізі з ванн виділяються газу, що містять HF, CO, CO₂, пил. Електролізери забезпечені системами газовідводу. Газу очищають двома способами.

Мокрий спосіб

Газу подають в скруббер, який зрошується вапняним молоком або розчином соди. При цьому йдуть такі реакції:



Цим методом уловлюється 97% HF. отриманий плавиковий шпат і розчин фтористого натрію використовують для отримання кріоліта і фтористих солей.

Сухий спосіб

Використовуються сухі скрубери. Середовищем, що уловлює служить глинозем, який може адсорбувати до 4% HF від своєї маси. Глинозем вводять в потік газу через сопла або використовують скрубери з киплячим шаром. Ефективність видалення HF не менше 99%. Остаточна концентрація HF не більше 1 мг/м³. Використаний глинозем направляють в електролізер, а гази після скруберів – в електрофільтри і рукавні фільтри для очищення від пилу.

4.6 Переробка і використання бокситових шламів

В процесі виробництва глинозему утворюється два види шламів:

- байеровські шлами (їх ще називаються «червоні»);
- шлами, що спікаються (їх ще називають «білі»).

«Червоні» шлами мають наступний склад: Fe₂O₃ – 40-48%, Al₂O₃ – 10-15%, CaO – 10-15%, SiO₂ – 5-10%, Na₂O – 2,5-3%.

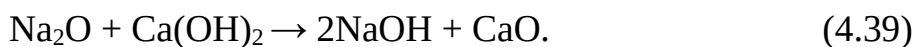
Основна фракція (50-70% частинок) розміром менше 5 мкм, питома поверхня – 10-20 м²/г.

«Білі» шлами мають наступний склад: CaO – 40-45%, SiO₂ – 15-20%, Fe₂O₃ – 20-25%, Al₂O₃ – 8-10%, Na₂O – 4,5-5%.

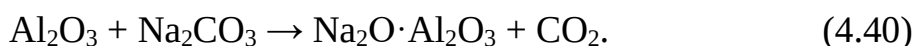
Частинки розміром більше 50 мкм складають більше 90%. Питома поверхня – 10-60 м²/г. Існує цілий ряд методів, що дозволяють використовувати шлами глиноземного виробництва.

Комплексна переробка байеровского шламу на чавун, глинозем і цемент

Промитий червоний шлам подають в ємність з мішалкою, туди ж додають гашене вапно. При температурі 90°C йде реакція відновлення лугу:



Отриманий слабкий розчин лугу направляють в глиноземне виробництво. Шлам фільтрують і подають в трубний млин, туди ж подають вапняк і вугілля. Вологість отриманої суміші становить 35%. Її сушать в розпилювальній сушарці. Висушену шихту направляють в плавильну піч для отримання чавуну. Шлак, що утворився в процесі плавки, виливають в спеціальні канали, де, охолоджуючись, він дає тріщини і розсипається. Потім його краще подрібнюють і направляють на вилуговування содовим розчином в реактори з мішалкою:



Отриманий розчин фільтрують і подають в глиноземне виробництво, а відфільтрований осад використовується в виробництві цементна.

Використання «червоних» шламів для окускування залізних руд і концентратів

«Червоний» шлам можна використовувати в якості замітника бентоніту. У «червоному» шламі вміст заліза в 5-7 разів більше, ніж в бентоніті, а кремнезему в 5-7 разів менше. Міцність одержуваних окатишів така ж, як при використанні бентоніту. Тому добавка 3% «червоного» шламу замість 1% бентоніту призводить до збагачення окатишів залізом на 0,23%. При цьому продуктивність збільшується на 0,6%, а економія вапняку на 5-8%.

При агломерації також можна використовувати червоний шлам, додаючи його в шихту. Це забезпечує збільшення продуктивності на 5%, скорочується кількість дрібних відходів. Добавка червоного шламу становить 1-3%.

Виробництво кераміки

У виробництві кераміки можна використовувати «червоні» і «білі» шлами. Вони застосовуються в якості одного з компонентів в суміші з пластичною глиною. Кількість шламу становить 10-15% від загальної маси шихти. Якість виробів досить висока, міцність навіть підвищується. Можна отримувати керамічну цеглу, каналізаційні труби, глазуровані фасадні плити.

Виробництво портландцементу

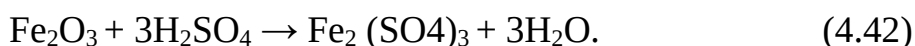
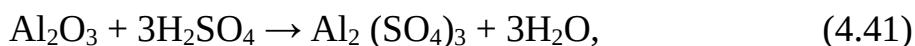
При виробництві портландцементу «червоний» шлам додають в кількості 5-7% для коригування вмісту заліза. «Червоний» шлам доцільно використовувати тільки на невеликих відстанях від місця його утворення. Перевезення на великі відстані є економічно недоцільним.

Для відновлення ґрунту

Особливо ефективні шлами глиноземного виробництва для кислих ґрунтів, так як в них містяться алюмосилікати натрію, які повільно гідролізуються з виділенням луку.

Отримання змішаного коагулянту

Змішаний коагулянт можна отримувати шляхом обробки «червоного» шламу сірчаною кислотою. При цьому йдуть такі реакції:



4.7 Виробництво цинку

Цинк використовується для оцинкування заліза, для отримання латуні і бронзи.

Сировиною для виробництва цинку служать сульфідні і окислені руди. Основними мінералами є сфалерит (цинкова обманка) ZnS , марматит $mZnS \cdot nFeS$. Їм супроводжують з'єднання кобальту, індію, галію, талію та ін.

Існує два способи отримання цинку: пірометалургійний і гідрометалургійний. Гідрометалургійний використовується частіше.

Гідрометалургійний спосіб отримання цинку

Цинкові руди збагачують флотацією, після чого цинковий концентрат має наступний склад: Zn – 40-56%, Pb – 0,13-3,4%, Cu – 0,15-2,2%, Fe – 2,5-20%, S – 30-37%.

Після збагачення проводять підготовку до вилуговування, яка складається з декількох етапів.

Сушка

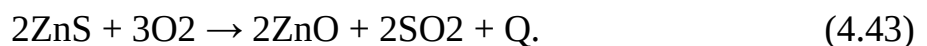
Сушку проводять в барабанних обертових печах довжиною 10-15 м, діаметром 1,5-1,8 м, кут нахилу $5-6^\circ$, швидкість обертання 4 об./хв. В якості паливо використовують мазут або природний газ.

Випал

Випал проводять для максимально повного перетворення ZnS в ZnO . При випалюванні необхідно:

- залишити задану кількість сульфатів (3-4%) для компенсації втрат сірчаної кислоти;
- отримати якомога менше нерозчинних в сірчаній кислоті з'єднань цинку;
- не допустити утворення великої кількості силікатів цинку і свинцю;
- отримати обпалений продукт у вигляді дрібного порошку.

Основна реакція цього етапу:



Крім цього можуть йти побічні процеси.

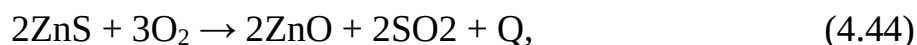
Ферритоутворення

Ферит цинку ($ZnO \cdot Fe_2O_3$) не розчиняється у сірчаній кислоті і погіршує перехід цинку в розчин. Чим більше заліза, тим більше фериту, тому вміст заліза в концентраті не повинно перевищувати 12%. Для зниження ферритоутворення необхідно створити умови, що сприяють збільшенню змісту SO_2 , так як при взаємодії Fe_2O_3 з SO_2 утворюються сульфід заліза, який не взаємодіє з цинком.

Сульфатоутворення

Вміст сульфату цинку має становити 3-4%. Якщо вміст менше, то збільшується витрата сірчаної кислоти, якщо більше, то погіршується

відстоювання. Сульфат цинку утворюється внаслідок протікання наступних реакцій:



Сульфат цинку при температурі понад 700°C розкладається, тому потрібну його кількість можна отримати, регулюючи температуру випалу.

Сілікатоутворення

Сілікатоутворення прагнуть зменшити максимально, тобто в концентраті повинно міститися якомога менше кремнезему, так як силікати мають низьку температуру плавлення і при їх високому вмісті відбувається оплавлення пекучого матеріалу. Крім того, при подальшому вилуговуванні кремнезем погіршує відстоювання.

Найбільш ефективні печі киплячого шару, випал ведуть при надлишку кисню. Температура займання складає 550-600°C, а в печі підтримується температура 900-1000°C.

В результаті випалення утворюються ZnO, ZnSO₄, SO₂, SO₃. Їхнє співвідношення залежить від параметрів ведення процесу (температури, вмісту кисню та ін.). Гази, що відходять, з концентрацією SO₂ 8-12% можна використовувати для виробництва сірчаної кислоти.

Єдиним *недоліком* випалу в печах киплячого шару є *високий рівень пилозносy*.

Збагачення дуття киснем до 27% збільшує продуктивність печі на 40%, а концентрація SO₂ становить 12-13%. Крім того обсяг газів випалу зменшується на 20-30%.

З печі випалу газу надходять в циклони (ефективність очищення 90%, кількість вловлюваного пилу від 30% до 80% початкового продукту), потім в електрофільтри. Огарок, циклонний пил і пил з електрофільтрів об'єднують і передають на вилуговування, а газу направляють в сірчано-кислотне виробництво.

Вилуговування

Вилуговування – це основний етап отримання цинку. Мета вилуговування – максимально повне вилучення в розчин цинку і інших корисних компонентів і мінімальне вилучення шкідливих домішок. Вилуговування проводять розчином сірчаної кислоти з концентрацією 170 г/л.

Теоретичні основи вилуговування

Процес розчинення можна розділити на три стадії:

- перша – перенесення частинок розчинника (сірчаної кислоти) до поверхні зерна;
- друга – взаємодія сірчаної кислоти з оксидом цинку (йде дуже швидко);
- третя – відведення продуктів реакції в об'єм розчину.

Загальну швидкість процесу визначає перша або третя стадія. Тому для підвищення загальної швидкості процесу необхідно перемішування. Також на швидкість процесу впливає діаметр зерна. Чим він менше, тим більше питома поверхня і тим вище швидкість процесу. Тому зазвичай використовують зерна з розміром не більше 0,2 мм.

У концентраті після випалу цинк міститься в вигляді ZnO , ZnSO_4 , $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, $2\text{ZnO} \cdot \text{SiO}_2$, ZnS . Основна реакція процесу вилуговування:



При діаметрі частинок менше 0,2 мм вилуговування йде не більше 2 хв. Температура при цьому підвищується до 80-90°C.

Сульфат цинку добре розчиняється у воді, тому кислота на нього не витрачається. Однак, якщо сульфату цинку буде багато, то підвищується в'язкість розчину, що призводить до погіршення наступного відстоювання.

Ферит цинку розчиняється значно гірше, ніж оксид, що призводить до втрат цинку.

Силікат цинку порівняно легко розчиняється в сірчаній кислоті, але його присутність небажана, оскільки призводить до погіршення відстоювання і особливо фільтрування.

Сульфід цинку в сірчаній кислоті при даній концентрації трохи розчиняється.

Сполуки кадмію ведуть себе подібно сполукам цинку. Тому при вилуговуванні в розчин переходить до 70% кадмію. Також при вилуговуванні в розчин переходить 50-60% сполук міді і 4-5% сполук заліза. Вміст заліза в розчині до 1,5 г/л є необхідним для подальшого очищення. Що стосується сполук миш'яку і сурми, то As і Sb_2O_3 розчиняються в сірчаній кислоті, а As_2O_5 і Sb_2O_5 практично не розчиняються.

З хімічної точки зору процес вилуговування можна умовно розділити на наступні періоди:

- перший період – розчинення огарка;
- другий період – коагуляція і осадження колоїдів;
- третій період – диспергація колоїдів;
- четвертий період – гідроліз міді;
- п'ятий період – гідроліз цинку.

Перший період

Під час першого періоду йде розчинення сполук цинку, кадмію, міді, заліза, і зменшується кислотність розчину. Основний процес – перетворення цинку з огарка в розчин. Закінчується цей період при рН 2-3. В кінці періоду пульпа легко згущається, але слив погано освітлюється.

Другий період

Другий період починається при рН 2-3, закінчується при рН 3-5. На початку періоду рН досягає величини, достатньої для гідролізу сульфату заліза (Ш). Тому утворення важко розчинного гідроксиду заліза (Ш) йде протягом всього періоду. Одночасним в тверду фазу переходять миш'як і сурма у вигляді комплексних сполук. Сульфат міді гідролізується незначно.

Також відбувається утворення і накопичення кремнієкислоти у вигляді гелеподібної маси. Відстоювання практично не спостерігається. Завершується другий період швидкою коагуляцією і випаданням в осад кремнієкислоти, яка захоплює і інші нерозчинні сполуки. У цей момент пульпа здатна швидко відстоюватися і добре фільтруватися. Здавалося б, в цей момент вилуговування потрібно закінчувати, проте його продовжують, так як вміст сполук заліза, миш'яку і сурми залишається вище норми.

Третій період

Під час третього періоду триває осадження заліза, миш'яку, сурми. Вміст міді залишається практично постійним. Пластівці колоїдів, що утворилися раніше, руйнуються, тому здатність до відстоювання різко падає. Також зменшується реакційна активність зерен огарка, так як їх поверхня покривається колоїдними частинками, рН практично не змінюється.

Четвертий період

Під час цього періоду проходить гідроліз сполук міді. Період характеризується збільшенням рН і зменшенням вмісту міді в результаті гідролізу. В цей час колоїдні оболонки на зернах руйнуються. Активність огарка дещо зростає, і вилуговування триває. Відбувається подальше подрібнення колоїдних частинок, що сприяє погіршенню відстоювання і фільтрації. Зазвичай вилуговування закінчують після осадження міді. При цьому досягається потрібне для подальших операцій значення рН, а велика частина домішок вже виділена з розчину в результаті гідролізу.

П'ятий період

Під час цього періоду починається гідроліз цинку, тому п'ятого періоду намагаються уникати, так як гідроліз сполук цинку небажаний.

Схеми і способи вилуговування

Всі схеми вилуговування розрізняються способом вилуговування (періодичний або безперервний) і кількістю стадій (1, 2 або 3).

Безперервний спосіб більш ефективний. При використанні цього методу пульпа проходить серію послідовно встановлених реакторів з перемішуванням. Подача огарка і кислоти відбувається безперервно.

Періодичний спосіб включає кілька стадій:

- 1) заливка кислоти;
- 2) завантаження сировини;
- 3) перемішування;
- 4) вивантаження.

Цей спосіб більш придатний для переробки низькосортної і складної за складом сировини, так як забезпечує більш жорсткий контроль за ходом процесу.

Двостадійна схема застосовується найбільш часто:

перша стадія: нейтральне вилуговування;

друга стадія: кисле вилуговування.

Перша стадія

На першій стадії огарок перемішують з оборотним розчином після другої (кислої) стадії вилуговування і процес закінчують при певному значенні рН (4,8-5,4). Мета цієї стадії – отримання розчину, придатного для очищення від міді, кадмію, нікелю. Стан розчину в кінці першої стадії: цинк – 135 г/л; мідь – 1800 мг/л; залізо – 40-50 мг/л; миш'як – 0,2-0,5 мг/л; сурьма – 0,1-0,5 мг/л; зі складом зважених речовин – 0,8-2,0 г/л. Цей розчин повинен добре освітлюватися. Під час першої стадії в розчин переходить 30-40% цинку.

Друга стадія

На другій стадії до нейтральної пульпи додають кислоту і проводять довилуговування цинку. Мета - забезпечити більш повне вилучення цинку і не допустити перехід в розчин шкідливих домішок. Вилуговування проводять в декількох реакторах (4-5) з перемішуванням. При цьому концентрація кислоти падає з 2-5 до 0,05-0,5 г/л. Після вилуговування пульпу згущують. В результаті утворюються два продукти: кислий слив та пульпа.

Склад кислого сливу: залізо – 1,2-2,5 г/л; мідь – 1,5-3,0 г/л; миш'як – 40-60 мг/л; сурма – 10-12 мг/л; зважені речовини – 30-80 г/л;

Склад пульпи. Має вологість 50-60%. Її піддають промивці для зменшення втрат цинку. Освітлені промивні води направляють на нейтральне вилуговування.

Очищення розчинів сульфату цинку від домішок

Всі домішки можна розділити на *чотири* групи:

- *перша група* – залізо, алюміній, миш'як, сурма, германій, індій, галій, кремнезем;

- *друга група* – мідь, кадмій, кобальт, нікель, талій;

- *третья група* – хлор і фтор;

- *четверта група* – калій, натрій, магній, марганець.

Такий поділ обумовлено застосуванням однакових способів очищення для сполук однієї групи.

Видалення сполук першої групи

Для видалення домішок цієї групи використовується гідролітичне очищення, яке базується на гідролізі цих металів, в результаті якого утворюються нерозчинні гідроокси та основні солі. Видаляються тільки ті домішки, які випадають в осад до рН 3,5-5,6, тобто видаляються залізо (III), алюміній, мідь, миш'як, сурма, германій, індій, галій, телур. Двовалентне залізо практично не видаляється, тому проводять окислювання заліза (II) до заліза (III) за допомогою перманганату калію, кисню або сполук міді. Сполуки міді (II) гідролізуються гірше, ніж сполуки міді (I), тому присутність деякої кількості двовалентного заліза покращує перехід міді в осад. Також в процесі збільшення рН відбувається коагуляція кремнієвої кислоти.

Видалення сполук другої групи

Видалення сполук другої групи проводиться методом цементації. Цементация заснована на заміщенні в розчині одних металів іншими. Здатність до заміщення залежить від положення в ряду активності. Метали, присутні в розчині, мають окислювально-відновні потенціали:

Zn – 0,762	In – 0,33	Sn – 0,1
Cd – 0,4	Co – 0,29	Sb + 0,25
Fe – 0,43	Ni – 0,22	As + 0,3
Tl – 0,336	Cr – 0,13	Cu + 0,34

Таким чином, цинк витісняє всі інші метали, так як він є найбільш активним. В якості цементуючого агента використовується цинковий пил. Йде наступна реакція:



Найлегше цементується мідь. На 1 м³ розчину витрачається 3-4 кг цинкового пилу. Її беруть приблизно в 2 рази більше теоретично необхідної кількості. Процес ведуть при температурі 80-90 °С протягом декількох годин при перемішуванні. Надходження кисню погіршує ефективність очищення.

Видалення сполук третьої групи

Видалення сполук третьої групи проводиться хімічним методом. Хлорид-іони містяться у воді і концентраті цинку. Високий вміст іонів хлору призводить до руйнування анодів в процесі електролізу. Тому вміст іонів хлору не повинен перевищувати 150 мг/л. Очищення від іонів хлору проводиться декількома методами.

За допомогою з'єднань срібла

До розчину додають розчин сульфату срібла. Йде наступна реакція:



Вміст іонів хлору при цьому знижується до 1 мг/л. Таким чином, очищенню можна піддавати не весь розчин. Срібло потім регенерують, проте його втрати становлять 60-90 г на 1 кг іонів хлору. Це досить дорого.

За допомогою сполук міді

Очищення здійснюється за допомогою мідного кеку. При цьому йде наступна реакція:



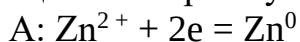
Сполуки фтору погіршують процес електролізу. Однак ефективних методів очищення від сполук фтору немає. Тому необхідно в процесі підготовки до електролізу приділяти цьому увагу. Від сполук четвертої групи очистку не проводять.

Від сполук четвертої групи очистку не проводять.

Електроосадження цинку

Після проведення всіх етапів очищення цинковий розчин має наступний склад: цинк – 120-180 г/л; марганець – 2-10 г/л; кобальт – 2-4 г/л; нікель – 0,01-0,05 мг/л; фториди – 20-50 мг/л; хлориди – 20-150 мг/л; миш'як – 0,05-0,2 мг/л; сурма – 0,01-0,15 мг/л; кадмій – 0,1-2,0 мг/л; залізо – 0,2-50 мг/л.

Електроліз ведеться безперервно. Використовуються залізобетонні ванни, футеровані свинцем. Глибина ванн становить 1500 мм. Процес проводиться при температурі 36-38 °С. Використовуються свинцеві аноди, леговані сріблом, і алюмінієві катоди. Катод представляє собою лист алюмінію товщиною 4-7 мм. В процесі електролізу йдуть такі реакції:



Таким чином, електроліт збіднюється цинком і збагачується сірчаною кислотою. У відпрацьованому електроліті концентрація цинку не повинна перевищувати 50 г/л. Такий електроліт повертають на вилуговування. Катоди виймають через 24-72 год і здирають з них цинк, що є найбільш трудомісткою операцією. Її проводять з обох сторін катода вручну за допомогою спеціального ножа. Якщо ж цинк погано здирається, то його розчиняють в сірчаній кислоті.

Плавка катодного цинку

Отриманий при електролізі цинк переплавляють в чушки і блоки певної форми (4-5 і 8-10 кг). Для цього катодний цинк переплавляють з добавкою хлориду амонію (для розчинення плівки оксидів) в електропечах.

Переробка газів, що відходять від цинкового виробництва

Гази, що утворюються під час випалу цинкового концентрату, придатні для отримання сірчаної кислоти після очищення. Вміст пилу становить 100 мг/м³, також містяться миш'як, фтор, селен, телур.

Очищення газів проводиться в скруберах, які зрошуються слабким розчином сірчаної кислоти. Сполуки миш'яку, селену і телура частково розчиняються в сірчаній кислоті і в сірчаноокислотному тумані, який утворюється при взаємодії оксиду сірки (VI) з парами води. Для очищення від

сірчаноокислотного туману газ подають в мокрі електрофільтри, після чого газ направляють в сушильну вежу, де він зрошується 93-95% розчином сірчаної кислоти. Потім очищений оксид сірки (IV) подається в сірчаноокислотне виробництво.

4.8 Утилізація та знешкодження металургійних газів

На підприємствах кольорової металургії утворюється велика до кількості газів, що містять сірчистий газ. Найбільш високий відсоток утилізації сірчистого газу на підприємствах цинкової промисловості. А найбільшу кількість викидів дає мідна і никелево-кобальтова промисловості. На цих підприємствах утворюється велика кількість газів з низьким вмістом сірчистого газу. Переробка цих газів на сірчану кислоту технічно складна та економічно недоцільна. 87% від загального обсягу сірчистомістких газів складають слабкі гази з концентрацією сірчистого газу $< 3,5\%$. У цих слабких газах міститься $\sim 50\%$ всього двоокису сірки.

Головне завдання: використання і знешкодження слабких газів.

Методи вирішення цього завдання:

по-перше, скорочення обсягів газів і збільшення концентрації SO_2 в них за рахунок вдосконалення технології основного виробництва:

- застосування кисню замість повітря;
- використання методів із завислим шаром опадів, завислої плавки, випалу в завислому шарі;
- реконструкція систем для відводу газів;

по-друге, будівництво нових та реконструкція старих сірчаноокислотних виробництв із застосуванням методу подвійного контактування;

по-третє, організація виробництва елементарної сірки з газів з високим вмістом сірчистого газу в районах, віддалених від місць споживання сірчаної кислоти.

Отримання сірки можна здійснити відновленням сірчистого газу вугільним пилом або метаном. Процес ведуть при підвищеній температурі.

Розроблено метод отримання сірки з газів з концентрацією сірчистог газу менше $0,5\%$. Такий газ подають у скруббер, де при температурі 65°C він зрошується розчином суміші сульфїту і бісульфїту натрію. Ефективність абсорбції становить 90% .

Насичений сірчистим газом розчин подається у випарник, де при підвищеній температурі виділяється до 85% сірчистого га за, а розчин сульфїту і бісульфїту повертається на зрошення. Одержаний газ направляють на відновлення;

в-четвертих, розробка і впровадження методів збагачення слабких газів:

- спалювання сірки в слабких газах з метою подальшого використання цього газу для отримання сірчаної кислоти;

в-п'ятих, розробка способів і будівництво установок по санітарному очищенню газів з дуже низькою концентрацією сірчистого газу.

4.9 Контрольні запитання

1. До якої галузі промисловості відноситься кольорова металургія?
2. З чим пов'язана діяльність підприємств кольорової металургії?
3. В якій галузі в основному використовується мідь і чому?
4. Що виступає сировиною для виробництва міді?
5. З чого складається порожня порода при виробництві міді?
6. За складом на які групи поділяються мідні руди? Перелічити їх склад.
7. Які основні методи використовуються для отримання міді?
8. Які основні етапами підготовки мідних руд до плавки?
9. Якими методами проводять окускування в кольоровій металургії?
10. Як відбувається брикетування при обробці мідних руд?
11. Як відбувається процес випалу мідного концентрату?
12. В які етапи йде отримання чорнової міді?
13. Які складові утворюються при плавці мідних концентратів на штейн?
14. Як відбувається конвертація мідного штейну та у скільки періодів?
Дати пояснення кожного періоду.
15. Яким видам рафінуванню піддають чорнову мідь, як вони відбуваються?
16. Де застосовується алюміній та його сплави? Що є сировиною для виробництва алюмінію?
17. З яких основних етапів складається виробництво алюмінію?
Охарактеризувати кожний.
18. Які методи існують для отримання глинозему при виробництві алюмінію?
19. Які основні операції при виробництві глинозему?
20. Як проходить підготовка бокситів та вилуговування при виробництві глинозему?
21. Як проходять процеси промивання та декомпозиції при виробництві глинозему?
22. Як проходять процеси виділення гідроксиду алюмінію, упарювання маточного розчину та зневоднення гідроксиду алюмінію при виробництві глинозему?
23. Скількома способами може бути отриманий кріоліт при виробництві алюмінію? Дати пояснення кожному способу.
24. В скільки стадій йде отримання кріоліту при виробництві алюмінію?
Дати пояснення кожній стадії.
25. Які шкідливі елементи утворюються у процесі видобутку і транспортування бокситів при виробництві алюмінію? Як проходить їх очищення?
26. Як відбувається переробка та подальше використання бокситних шлаків при виробництві алюмінію?
27. Для чого використовується цинк? Що слугує сировиною для виробництва цинку? Які є два способи отримання цинку, який з них використовується частіше?

28. В чому полягають теоретичні основи вилуговування цинку? На скільки та які періоди з хімічної точки зору умовно можна розділити процес вилуговування цинку?

29. Які існують способи та схеми вилуговування цинку?

30. На скільки груп поділяють домішки у розчинах сульфату цинку та в залежності від чого утворено такий розподіл на групи? Якими способами чи методами видаляють ці домішки?

31. Як відбуваються процеси електроосадження цинку, плавки катодного цинку та переробки газів, що відходять від цинкового виробництва?

32. Які методи утилізації та знешкодження металургійних газів використовують на підприємствах кольорової металургії?

4.10 Тестові запитання

Тест 4. Кольорова металургія

1. Який з металів відноситься до кольорових?

а) залізо	☐
б) хром	☐
в) алюміній	☐
г) марганець	☐
2. На які групи поділяються кольорові метали? Обрати зайве.

а) важкі	☐
б) легкі	☐
в) благородні	☐
г) неблагородні	☐
3. За складом, на які групи поділяються кольорові метали? Обрати зайве.

а) сульфідні	☐
б) сульфатні	☐
в) окислені	☐
г) оксиди	☐
4. Які основні методи використовуються для отримання міді?

а) гідрометалургійний та пірометалургійний методи	☐
б) гідрометалургійний та аерометалургійний методи	☐
в) аерометалургійний та пірометалургійний методи	☐
г) тільки гідрометалургійний	☐
5. Які основні етапами підготовки мідних руд до плавки? Обрати зайве.

а) дроблення та подрібнення	☐
б) промивання	☐
в) збагачування	☐
г) окускування	☐

6. Якими основними методами проводять окусування в кольоровій металургії? Обрати зайве.

- а) метод агломерації ☐;
- б) обливання ☐;
- в) отримання окатишів ☐;
- г) брикетування ☐.

7. Що завантажують в піч при плавці мідних концентратів на штейн?

- а) мідний концентрат ☐;
- б) мідний концентрат і вапняк ☐;
- в) мідний концентрат, вапняк і кокс ☐;
- г) вапняк і кокс ☐.

8. При плавці мідних концентратів на штейн у *нижній* частині печі створюється?

- а) окислювальна атмосфера ☐;
- б) відновлювальна атмосфера ☐;
- в) окислювально-відновлювальна ☐;
- г) важко визначити ☐.

9. При плавці мідних концентратів на штейн утворюється?

- а) штейн, шлак ☐;
- б) штейн, шлак, колошниковий газ ☐;
- в) штейн, колошниковий газ ☐;
- г) шлак, колошниковий газ ☐.

10. Скільки є періодів, на які розділяється процес конвертації мідного штейну?

- а) один - окислювальний з отриманням білого штейну ☐;
- б) один - реакційний з отриманням чорної міді ☐;
- в) два, спочатку окислювальний, а потім реакційний ☐;
- г) два, спочатку реакційний, а потім окислювальний ☐.

11. Які основні етапи вогняного рафінування?

- а) розплавлення міді, окислення домішок, видалення розчинених газів, розкислення міді; розливання ☐;
- б) розплавлення міді, окислення домішок, розкислення міді; розливання ☐;
- в) розплавлення міді, видалення розчинених газів, розкислення міді; розливання ☐;
- г) два, спочатку реакційний, а потім окислювальний ☐.

12. Яке місце в світі за загальним виробництвом займає алюміній?

- а) перше ☐;
- б) друге ☐;
- в) третє ☐;
- г) четверте ☐.

13. Що є сировиною для виробництва алюмінію? Правильно обрати повний перелік елементів.

- а) алюмінієві руди, вапняк і сода ☐
- б) алюмінієві руди і вапняк ☐
- в) алюмінієві руди, плавиковий шпат, вапняк і сода ☐
- г) алюмінієві руди, плавиковий шпат і вапняк ☐

14. З яких основних етапів складається виробництво алюмінію?

- а) виробництво глинозему, отримання металевого алюмінію ☐
- б) виробництво глинозему, отримання кріоліту, отримання металевого алюмінію ☐
- в) виробництво глинозему, отримання кріоліту ☐
- г) отримання кріоліту, отримання металевого алюмінію ☐

15. Які методи існують для отримання глинозему при виробництві алюмінію?

- а) хіміко-термічні методи та кислотні методи ☐
- б) хіміко-термічні методи та лужні методи ☐
- в) хіміко-термічні методи, кислотні методи, лужні методи ☐
- г) кислотні методи та лужні методи ☐

16. Які з'єднання переходять в розчин в процесі вилуговування для отримання глинозему при виробництві алюмінію?

- а) з'єднання алюмінію ☐
- б) з'єднання заліза ☐
- в) з'єднання заліза, титану ☐
- г) сполуки кремнію ☐

17. Які з'єднання залишаються в осаді під час процесу вилуговування для отримання глинозему при виробництві алюмінію?

- а) з'єднання алюмінію ☐
- б) лише з'єднання заліза ☐
- в) з'єднання заліза, титану, сполуки кремнію ☐
- г) лише сполуки кремнію ☐

18. Які з'єднання залишаються в осаді під час процесу вилуговування для отримання глинозему при виробництві алюмінію?

- а) з'єднання алюмінію ☐
- б) лише з'єднання заліза ☐
- в) з'єднання заліза, титану, сполуки кремнію ☐
- г) лише сполуки кремнію ☐

19. Скількома та якими способами можна отримати кріоліт при виробництві алюмінію?

- а) двома, кислотним або лужним способами ☐
- б) одним, лише кислотним способом ☐
- в) одним, лише лужним способом ☐
- г) іншими способами ☐

20. Які стадії залучені для отримання кріоліту при виробництві алюмінію?

- а) одна: виробництво фтористих солей ☐;
- б) дві: отримання фтористого водню та виробництво фтористих солей ☐;
- в) одна: отримання фтористого водню ☐;
- г) три: отримання фтористого водню, виробництво фтористих солей, відбір алюмінію ☐.

21. За допомогою яких пристроїв ведуть очистку пилу, який утворюється у процесі видобутку і транспортування бокситів при виробництві алюмінію?

- а) за допомогою лише рукавних фільтрів ☐;
- б) за допомогою батарейних циклонів і сухих електрофільтрів ☐;
- в) за допомогою циклонів, пилеосаджувальних камер, рукавних фільтрів ☐;
- г) за допомогою систем газовідводу ☐.

22. За допомогою яких пристроїв ведуть очистку пилу, який утворюється у процесі випалу гідроксиду алюмінію (утворення глинозему) при виробництві алюмінію?

- а) за допомогою лише рукавних фільтрів ☐;
- б) за допомогою батарейних циклонів і сухих електрофільтрів ☐;
- в) за допомогою циклонів, пилеосаджувальних камер, рукавних фільтрів ☐;
- г) за допомогою систем газовідводу ☐.

23. Для чого використовується цинк? Обрати зайве.

- а) для оцинкування заліза ☐;
- б) для отримання латуні ☐;
- в) для отримання бронзи ☐;
- г) для оцинкування алюмінію ☐.

24. Який із способів найчастіше використовується для отримання цинку?

- а) гідрометалургійний та пірометалургійний методи в рівній мірі ☐;
- б) гідрометалургійний ☐;
- в) пірометалургійний ☐;
- г) кріометалургійний ☐.

25. З яких етапів складається підготовка до вилугування при виробництві цинку?

- а) випал, ферритоутворення, сульфатоутворення ☐;
- б) сушка, сульфатоутворення, сілікатоутворення ☐;
- в) сушка, випал, сілікатоутворення ☐;
- г) сушка, випал, ферритоутворення, сульфатоутворення, сілікатоутворення ☐.

26. З теоретичної основи вилуговування проходить в три стадії. Вказати другу стадію.

- а) перенесення частинок розчинника (сірчаної кислоти) до поверхні зерна ☐;
- б) взаємодія сірчаної кислоти з цинком ☐;
- в) взаємодія сірчаної кислоти з оксидом цинку ☐;
- г) відведення продуктів реакції в об'єм розчину ☐.

27. На скільки та які періоди з хімічної точки зору умовно розділяють процес вилуговування цинку?

- а) два: розчинення огарка, коагуляція і осадження колоїдів ☐;
- б) три: розчинення огарка, коагуляція і осадження колоїдів, диспергація колоїдів ☐;
- в) чотири: розчинення огарка, коагуляція і осадження колоїдів, диспергація колоїдів, гідроліз міді ☐;
- г) п'ять: розчинення огарка, коагуляція і осадження колоїдів, диспергація колоїдів, гідроліз міді, гідроліз цинку ☐.

28. Скільки стадій включає *періодичний* спосіб вилуговування цинку?

- а) два: заливка кислоти, вивантаження ☐;
- б) три: заливка кислоти, завантаження сировини, вивантаження ☐;
- в) чотири: заливка кислоти, завантаження сировини, перемішування, вивантаження ☐;
- г) п'ять: заливка кислоти, завантаження сировини, перемішування, вивантаження, відстоювання ☐.

29. Який спосіб чи метод використовується для видалення домішки другої групи (міді, кадмію, кобальту, нікелю, талію) у розчинах сульфату цинку?

- а) гідролітичне очищення ☐;
- б) метод цементації ☐;
- в) хімічний метод ☐;
- г) біологічний метод ☐.

30. На яких підприємствах кольорової промисловості найбільший відсоток утилізації сірчаного газу?

- а) виробництво цинку ☐;
- б) виробництво міді ☐;
- в) виробництво алюмінію ☐;
- г) виробництво нікелю ☐.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аверченков В.І., Горленко О.О., Ільницький В.Б. Збірник задач і вправ з технології машинобудування: навчальний посібник. Житомир:ЖІТІ, 2001. 314 с.
2. Боголюбов В.М. Моніторинг довкілля: підручник. Вінниця: ВНТУ, 2010. 232 с.
3. Богуслаєв В.О. Основи технології машинобудування: навчальний посібник для студ. вищ. навч. закладів. Запоріжжя: Мотор Січ, 2003. 336 с.
4. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: підручник. Львів: Світ, 1996. 368 с.
5. Бондар О.І., Боголюбов В.М., Мальований М.С. та ін. Техноекологія: Навчальний посібник. Херсон: ПП Олді-плюс, 2011. 314 с.
6. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: навчальний посібник. Львів: Магнолія. 2007. 500 с.
7. Волчок І.П. Сучасні виробничі технології у машинобудуванні та металургії: навчальний посібник. Запоріжжя: ЗНТУ, Дике поле, 2006. 360 с.
8. Дубровська Г. М., Ткаченко А. П. Системи сучасних технологій. Київ: Центр навч. літ., 2004. 310 с.
9. Дудко П.Д. Системы технологий Учебн. Пособие. Харьков, ХПН, 2003. 336 с.
10. Збожна О. М. Основи технології: Навч. посіб. 2-ге вид., зі змін. і допов. Тернопіль: Карт-бланш, 2002. 486 с.
11. Івченко Л.Й. Державні стандарти в машинобудуванні і металообробці. Харків: Компанія СМІТ, 2006. 320 с.
12. Купчинская Е.В. Технология основных производств и промышленные выбросы. Ч.П.: Металлургия и металлообработка: курс лекций. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. 94 с.
13. Лотош В.Е. Технология основных производств в природопользовании. Екатеринбург: УРГУ, 1998. 543 с.
14. Мальований М.С., Боголюбов В.М., Шаніна Т.П. та ін. Техноекологія: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. 616с.
15. Масікевич Ю.Г., Гринь Г.І., Солодкий В.Д. та ін. Техноекологія: Навчальний посібник. Чернівці: Зелена Буковина, 2006. 192 с.
16. Родионов А.И. Технологические процессы экологической безопасности. Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2000. 800 с.
17. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 310 с.
18. Спурников А.П. Гидрометаллургия цинка. Москва: Металлургия, 1981. 384 с.
19. Троицкий И.А. Металлургия алюминия. Москва: Металлургия, 1984. 438 с.
20. Чумак М.Г. Матеріали та технологія машинобудування: Підручник. Київ : Либідь, 2000. 368 с.
21. URL: <http://moregeo.com/index/post/id/76> – машинобудування на Україні (дата зверення 12.05.2021)
22. URL: <http://minprom.ua/news/755.html> – машинобудування України: поточні тенденції (дата зверення 15.05.2021)
23. URL: <http://www.iq-coaching.ru/razvitie-mashinostroeniya/> – розвиток машинобудування (дата зверення 17.05.2021)
24. URL: <http://www.i-mash.ru/predpr/filtr/country/2>– каталог машинобудівних заводів та підприємств (дата зверення 07.05.2021)
25. URL: <http://www.rada.com.ua/rus/catalog/?sector=6> – провідні підприємства України (дата зверення 06.05.2021)
26. URL: https://pidru4niki.com/70450/ekologiya/resursi_tehnosferi (дата зверення 12.05.2021)
27. URL: <https://www.google.com/search?q=Промисловість&tbm=>(дата зверення 12.05.2021)

Зміст

Вступ.....	3
1. Структура промисловості.....	5
1.1 Форми організації виробництва.....	5
1.2 Контрольні запитання.....	12
1.3 Тестові запитання. Тест 1. Форми організації виробництва.....	13
2. Основні поняття та визначення машинобудівного виробництва.....	18
2.1 Сучасний стан машинобудування.....	18
2.2 Машинобудівна промисловість України.....	20
2.3 Виріб та його життєвий цикл.....	24
2.4 Якість виробу.....	26
2.5 Виробничий і технологічний процеси.....	28
2.6 Норма часу.....	30
2.7 Типи виробництв в машинобудуванні.....	32
2.8 Продуктивність праці.....	34
2.9 Собівартість виробу.....	35
2.10 Контрольні запитання.....	36
2.11 Тестові запитання. Тест 2. Машинобудівне виробництво.....	36
3. Чорна металургія.....	40
3.1 Загальна характеристика металургійного комплексу.....	40
3.2 Доменне виробництво.....	42
3.3 Отримання чавуну.....	50
3.4 Виробництво сталі.....	54
3.5 Контрольні запитання.....	59
3.6 Тестові запитання. Тест 3. Чорна металургія.....	60
4. Кольорова металургія.....	64
4.1 Загальна характеристика кольорової металургії.....	64
4.2 Кольорова металургія України.....	66
4.3 Виробництво міді.....	67
4.4 Виробництво алюмінію.....	73
4.5 Джерела пиле та газоутворення і очищення газів, що відходять.....	77
4.6 Переробка і використання бокситових шламів.....	78
4.7 Виробництво цинку.....	79
4.8 Утилізація та знешкодження металургійних газів.....	87
4.9 Контрольні запитання.....	88
4.10 Тестові запитання. Тест 4. Кольорова металургія.....	89
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	94

Навчальне видання

Русакова Тетяна Іванівна, д-р техн. наук

ПОСІБНИК ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ
«ТЕХНОЛОГІЇ ОСНОВНИХ ВИРОБНИЦТВ»
ЧАСТИНА І. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕТАЛУРГІЯ

посібник