

**Міністерство освіти і науки України  
Запорізька національний університет**

---

# **СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Конспект лекцій**

**Запоріжжя**

**Системи технологій** Конспект лекцій для студентів ЗНУ. – Запоріжжя, 2020. – 120 с.

**Конспект лекцій** відбиває основні поняття та надає необхідні зведення щодо систем технологій промисловості. Задача даного видання полягає у наданні необхідної інформації і допомозі у вивченні студентами основ сучасних технологічних процесів, формуванні системи теоретичних знань щодо сучасних технологій в основних галузях промисловості (металургія, машинобудування, енергетика та інші), а також техніко-економічного погляду, необхідного для більш глибокого та повного засвоєння спеціальних дисциплін.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ.....	5
ТЕМА 1. Вступ у технологію галузей промисловості. Основні поняття та визначення.....	5
ТЕМА 2. Сировинна та паливно-енергетична бази.....	27
ТЕМА 3. Оптимізація технологічних процесів.....	42
ТЕМА 4. Металургія черних і кольорових металів.....	47
ТЕМА 5. Переробка нафти та нафтопродуктів.....	71
ТЕМА 6. Технології обробки металів і сплавів у машинобудуванні.....	78
ТЕМА 7. Технології паливно-енергетичного комплексу.....	97
1 ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ.....	105
2 ТЕМИ РЕФЕРАТІВ.....	116
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..	117

## ВСТУП

Поліпшення підготовки фахівців в умовах різко зростаючого обсягу технічної інформації досягається за рахунок введення в навчальний план дисципліни «Системи технологій». Успішна робота фахівця неможлива без знання закономірностей і тенденцій у розвитку основних галузей промисловості, без уміння знаходити та обґрунтовувати найбільш ефективні шляхи розвитку техніки та технологій. Знання технологічних процесів дозволяє фахівцям виявляти шляхи раціонального використання наявних резервів зростання виробництва; впроваджувати у виробництво науково-технічні досягнення; вибирати найбільш ефективні способи використання ресурсів; правильно визначати виробничий потенціал підприємств та їх можливості в освоєнні нових технологій.

Програма вивчення дисципліни «Системи технологій і» складена відповідно до місця та значення дисципліни за структурно-логічною схемою, передбаченою освітньою програмою.

Курс «Системи технологій і» є вибірковою дисципліною циклу природничо-наукової та загальноєкономічної підготовки магістрів.

**Предмет дисципліни:** сучасні технології, які використовують в основних галузях промисловості, таких як чорна та кольорова металургія, машинобудування, енергетика, нафтопереробка.

**Мета курсу:** формування системи теоретичних знань щодо сучасних технологій в основних галузях промисловості (металургія, машинобудування, енергетика та інші), а також техніко-економічного погляду, необхідного для більш глибокого та повного засвоєння спеціальних дисциплін.

**Завдання:** вивчення й вибір оптимальних видів технологічних процесів, сировини, енергії, палива; визначення ефективних напрямків науково-технічного прогресу у промисловості.

У результаті вивчення курсу «Системи технологій промисловості» студент

повинний:

***знати:***

- загальні поняття, визначення та взаємозв'язки, що існують при виробництві та споживанні продукції;
- сутність, структуру, асортимент продукції, технічні й економічні характеристики основних технологічних процесів у металургії, машинобудуванні та інших галузях промисловості;
- основні показники якості металургійної і машинобудівної продукції та їх зв'язок з технологіями виробництва;
- техніко-економічні фактори ефективності виробництва;
- техніко-економічні причини росту цін у світі на рудну сировину, метали, енергоносії;
- ключові напрямки науково-технічного прогресу у передових країнах світу; його роль у підвищенні ефективності виробництва, якості та конкурентоспроможності продукції;

***уміти:***

- мислити глобально, діяти локально, тобто знати загальні закономірності розвитку техніки та техніко-економічні рішення конкретних задач у визначеній галузі промисловості;
- розбиратися у сутності технологій, асортименті та якості продукції, що випускається;
- виявляти «вузькі» місця у виробничому циклі, що лімітують ефективність виробництва, якість і конкурентоспроможність продукції;
- прогнозувати ефективність нових технологічних процесів як у процесі виробництва, так і у середовищі споживання продукції.

Дисципліна «Системи технологій промисловості» заснована на знаннях фізики, хімії, біології по програмах середньої школи.

## 1 КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

### **Тема 1. Вступ у технологію галузей промисловості.**

## Основні поняття та визначення

1. Предмет курсу. Основні поняття та визначення
2. Становлення людської техногенної цивілізації
3. Поняття про системи та їх складові
4. Класифікація систем
5. Технологічна система та її складові
6. Охорона навколишнього середовища. Техніка безпеки на виробництві

### 1.1 Предмет курсу. Основні поняття та визначення

На сучасному етапі розвитку людства необхідність застосування передової технології обумовлена тим, що технологія поряд з організацією виробництва набуває першорядне значення у розвитку суспільного прогресу. Техніка невіддільна від технології виробництва, вона існує тільки разом з визначеною технологією та виявляється через неї, тобто технологія стає силою науково-технічного прогресу та грає відносно орудій праці активну роль.

**Система технологій** - це сукупність технологічних процесів, характерних для даної галузі виробництва, наприклад, для чорної металургії: видобуток руди, її збагачення, виплавка чавуна, одержання з нього сталі й т.д.

**Предметом дисципліни** є сучасні технології, які використовують в основних галузях промисловості, таких як чорна та кольорова металургія, машинобудування, енергетика, нафтопереробка.

Необхідно відзначити, що технології мають свої особливості в залежності від конкретної галузі національного господарства.

Під **галуззю національного господарства** розуміють якісно однорідні групи господарських одиниць, що характеризуються особливими умовами виробництва в системі суспільного поділу праці та грають специфічну роль у процесі розширеного відтворення.

Національне господарство підрозділяють на сферу матеріального виробництва (промисловість, сільське господарство, лісове господарство, вантажний транспорт, енергетика, торгівля, суспільне харчування та інші сфери матеріального виробництва) і невиробничу сферу (охорона здоров'я, освіта, житлово-комунальне господарство та побутове обслуговування, пасажирський транспорт, наука, кредитування та страхування, громадські організації).

Найбільш складною та найважливішою галуззю є промисловість (індустрія), що робить вирішальний вплив на рівень розвитку продуктивних сил суспільства. До складу промисловості входить ряд укрупнених галузей: електроенергетика, паливна промисловість, чорна металургія, кольорова металургія, хімічна та нафтохімічна промисловість, машинобудування та металообробка, лісова, деревообробна та целюлозно-паперова промисловість, мікробіологія, скляна, фарфоро-фаянсова, комбікормова, медична, поліграфія.

У кожній галузі є подгалузі, наприклад, у кольоровій металургії виробництво нікелю та міді, видобуток алмазів і золота й т.д. Головним достоїнством галузевого принципу є **спеціалізація** - форма поділу праці, при якій окремі галузі, підприємства та їх підрозділи (цехи та ділянки) виготовляють продукцію обмеженої **номенклатури** (від лат. nomenclatura – розпис імен - систематизований перелік назв, матеріалів, вироблених і переданих товарів і послуг).

Скорочення номенклатури дозволяє знизити кваліфікацію обслуговуючого персоналу (вузька спеціалізація), застосувати спеціальне більш високопродуктивне й ефективне устаткування, підвищити ступінь механізації й автоматизації виробництва, знизити собівартість і поліпшити якість продукції.

З давніх часів людина для задоволення своїх потреб у їжі, одязі, житлі та засобах праці що-небудь переробляла. Зерно - на борошно, борошно - на хліб, шкіру - на одяг і взуття, глину - на посуд, а згодом - і на житло; руди - на метали та сплави, а потім на вироби, серед яких були ножі, голки, плуги, мечі й т.п.

З часом речовини, що переробляють, почали називати сировиною. Вироби,

отримані в процесі переробки сировини, назвали **продукцією** (від лат. *produco* - виробляю). Сьогодні ми маємо різні види продукції. Це хліб, тканини, цегла, послуги, пропоновані споживачу, програмне забезпечення, інформація та ін.

**Асортимент** (від франц. *assortiment*) **продукції** - склад і співвідношення окремих видів і типів виробів підприємства, групи підприємств чи галузі, вироблених протягом року.

З виробництвом продукції зв'язана трудова діяльність людини, тобто праця багатьох людей зв'язана з реалізацією того чи іншого виробничого процесу. **Виробничий процес** - це сукупність дій і технологічних операцій, у результаті яких вихідні матеріали та напівфабрикати перетворюються в готову продукцію, або в результаті яких здійснюється ремонт (відновлення) виробів.

У будь-якому виробничому процесі мають місце основні та допоміжні операції чи процеси. Наприклад, операції, зв'язані безпосередньо з виготовленням деталі на токарському верстаті, є основними, а операції виготовлення та заточення інструмента, обслуговування верстата - допоміжні.

З часом процес виготовлення потрібних речей стали називати технологією. Термін «технологія» походить від грец. «техно...», що означає майстерність, ремесло, уміння та «...лого» - слово, навчання. У складних словах «лого» відповідає поняттям «наука», «знання». Тобто технологія - це знання ремесла. Людину, що вмiла що-небудь робити, називали ремісником. А того хто знає як виготовити ту чи іншу річ, надати ті чи інші послуги й т.п. називають **технологом**.

Під **технологією** прийнято розуміти - сукупність прийомів і способів одержання, обробки чи переробки сировини, матеріалів чи напівфабрикатів, здійснюваних у різних галузях промисловості; наукову дисципліну, що розробляє й вдосконалює прийоми та способи.

**Технологічний процес** - це частина виробничого процесу, безпосередньо зв'язана з послідовним перетворенням сировини, заготівель е продукт виробництва. Технологічний процес являє собою сукупність науково й



практично обґрунтованих технологічних операцій, виконаних у визначеній послідовності.

Переробляти сировину на продукцію можна різними способами. Адже кожен спосіб - це окрема технологія, по якій виробляють визначений вид продукції. Один й той же вид продукції можна одержати різними способами, тобто по різних технологіях.

У сучасних технологіях широко використовують наукові досягнення механіки, хімії, фізики, теплотехніки, електротехніки й інших наук.

Кожне підприємство випускає продукцію за визначеною технологією. Вибір технології залежить не тільки від виду сировини та продукції підприємства, а й від її кількості. Наприклад, комбайн, автомобіль чи іншу машину можна скласти з окремих деталей на невеликій площі складального цеху. Якщо мова йде про сотні тисяч комбайнів, автомобілів й інших машин у рік, то необхідно створити могутні конвеєрні лінії (англ. conveyer від convey - перевозити, переміщати), до яких із усіх цехів у визначеній послідовності надходять деталі та вузли.

На підприємстві усе підлегло технології. Технологія є основою виробництва. Вибір відповідної технології й дотримання її вимог є запорукою низької собівартості продукції та її високої якості.

Найважливішими показниками, що характеризують техніко-економічну ефективність технологічного процесу, є: питома витрата сировини, напівфабрикатів і енергії на одиницю продукції; вихід (кількість) і якість продукції (виробів); рівень продуктивності праці; інтенсивність процесу; витрати на виробництво; собівартість продукції.

Технологія різних виробництв постійно оновлюється й змінюється в міру розвитку техніки й інноваційних процесів. Удосконалення технології всіх галузей і видів виробництва - важлива умова прискорення технічного прогресу у національному господарстві.

**Основні напрямки розвитку сучасної технології:** перехід від переривчастих (дискретних, циклічних) технологічних процесів до безупинних

потоків процесів, що забезпечують збільшення масштабів виробництва й ефективне використання машин і устаткування; впровадження «замкнених» (молівідхідних) технологій, технологічних систем.

**Технічний рівень виробництва** - визначається ступенем оснащення сучасною технікою й технологією, а також автоматизованими системами контролю та управління технологічними процесами (АСУТП). Чим більше цей показник, тим нижче собівартість, вище якість і конкурентоспроможність продукції.

**Собівартість продукції** являє собою виражену в грошовій формі сукупність витрат на виробництво та реалізацію продукції. Згідно американським і японським даним, структура собівартості продукції у базових галузях промисловості (металургія, машинобудування й ін.) приблизно така:

85% - частка витрат минулої чи упредметненої праці, зв'язана з придбанням вихідної сировини, напівфабрикатів, основних і допоміжних матеріалів, палива, електроенергії і води;

5% - частка витрат живої праці, тобто зарплата виробничих робітників;

4% - амортизаційні відрахування від вартості основних фондів;

6% - оплата послуг по реалізації продукції.

**Конкурентоспроможність продукції (послуг)** визначається споживчими якостями та вартістю продукції (послуг) і характеризується попитом на неї на ринку у даний момент часу.

**Якість** - сукупність властивостей, ознак продукції, товарів, робіт, послуг, що обумовлюють їх здатність задовольняти потреби та запити споживачів, відповідати своєму призначенню та пропонованим вимогам.

## 1.2 Становлення людської техногенної цивілізації

Уся історія становлення та розвитку людини зв'язана зі створенням конструкційних матеріалів і технологій їх обробки. **Конструкційні матеріали** - це матеріали, застосовувані для виготовлення деталей машин і механізмів, транспортних засобів і споруд, приладів і апаратів, будинків і ін. технічних

об'єктів. Основними конструкційними матеріалами у сучасній техніці є метали та їх сплави, на їх частку приходиться 90-95% маси машин і механізмів. Найбільше розповсюдження одержали сплави заліза (сталь і чавун), алюмінію, міді (бронза та латунь), титана, магнію й ін. металів. Поряд з конструкційними сплавами чорних і кольорових металів у сучасній техніці використовуються пластмаси, гуми, стекла, керамічні матеріали, деревина, натуральна та штучна шкіра, деякі гірські породи.

Згідно з останніми даними археологічної науки, людина виділилася з тваринного світу, почавши виготовлення та застосування знарядь праці, близько 2 млн. років тому. Перші «інструменти», що виготовила людина древньокам'яного століття (палеоліту) являли собою грубі, не шліфовані кліни-рубала, отримані шляхом розколювання каменів придатної форми чи розміру. За уміння виготовляти кам'яні знаряддя праці древня людина була названа homo habilis - людина уміла.

Найважливішою віхою у розвитку древньої людини стало уміння користатися вогнем. В Африці, між озерами Вікторія та Туркана, виявлені залишки кострів, яким 1,4 млн. років (це геологічний вік шарів, у яких вони знайдені).

Близько 30 тисяч років тому з'явився homo sapiens - людина розумна, що мала риси сучасної людини. Історики назвали його кроманьонцем. Він опанував технологією надання кам'яним знаряддям потрібної форми (наконечники копій і стріл, молотки, шкребки й ін.), він навчився будувати шахти з вертикальним стовбуром до 10 м і короткими штреками для видобутку кременів. Кроманьонец створив складені знаряддя праці та полювання (молоток, лук і ін.), одночасно з каменем він почав використовувати самородні (мідь, свинець, золото, срібло) і метеоритні метали (залізо).

Найбільш древні вироби з міді (намист, чотиригранне шило, дротові шпильки) знайдені під час розкопок біля турецького міста Ергані. За даними радіовуглецевого аналізу ці вироби відносять до VIII тисячоліття до н.е. Там же,

у шарах неолітичного поселення Чатал-Гуюк у долині р. Конья знайдені бусини, колечка та привески з міді й свинцю другої половини VII тисячоліття до н.е. Таким чином, **використовувати метали людина почала не менш ніж 10 тис. років тому.** Перехід від кам'яних знарядь праці до металевих з'явився найбільшим досягненням людства, створивши матеріальну базу для росту продуктивних сил.

У результаті удосконалення знарядь праці, появи ремесел, застосування нових матеріалів (метали, глина, кераміка, скло, фаянс, деревне вугілля, обпалена цегла) з'явилися умови для переходу від полювання та збирання до тваринництва й землеробства. До кінця пізнього неоліту (нового кам'яного віку) первіснообщинний лад став розпадатися, і в долинах рік: Нілу, Тигру та Євфрату, Інду та Гангу, Хуанхе та Янцзи виникли великі цивілізації стародавності, що представляли собою держави з рабовласницьким ладом.

Єгипетська цивілізація зародилася близько 3500 років до н.е. у долині Ніла. Ще раніш виникла цивілізація в Двуреччі (у долині Тигру та Євфрату), де на границі IV і III тисячоріччя до н.е. шумерийцями була винайдена клинопис. Приблизно у цей же час чи трохи пізніше досягли економічного й культурного розквіту древні цивілізації у долині Інду (2500-1500 роки до н.е.) на території сучасних Китаю, Мексики, Гватемали. Кожна з перерахованих цивілізацій являла собою державу з визначеними політичною й економічною системами.

Перехід від первіснообщинного ладу до класового суспільства сприяв подальшому розвитку ремесел, удосконаленню процесів виготовлення й обробки матеріалів. **До нової ери людині були відомі 7 металів:** золото, срібло, мідь, залізо, олово, свинець і ртуть, а також сірка, що зустрічається в самородному виді. Перший сплав - бронза був отриманий людиною близько 7 тис. років тому у результаті сплавки міді з оловом. Окрім бронзи ще до нової ери людина освоїла виробництво кераміки, скла, фаянса, папірусу, пергаменту, тканин і інших матеріалів.

Освоєння технології виплавки бронзи знаменувало початок бронзового

століття. На відміну від каменю бронза мала більш високу пластичність і не руйнувалася при ударах, але уступала каменю по твердості та зносостійкості. З цієї причини бронза не змогла витиснути камінь, ці два матеріали довгий час застосовувалися спільно. Бронза виявилася коштовним матеріалом для виготовлення наконечників стріл, ножів, голок, дровових шпильок, цвяхів і ін. виробів, які зробити з каменю було неможливе.

Найбільш древні залізні вироби знайдені у Єгипті та на півдні Месопотамії, вони відносяться до IV тисячоріччя до н.е. та виготовлені з метеоритного заліза. **Виплавка заліза з руди була освоєна у III-I тисячоріччі до н.е.,** цей час (різний для різних регіонів) вважається початком залізного віку. У II тисячоріччі до н.е. залізо цінувалося у 15-20 разів дорожче бронзи, але воно не витиснуло її навіть тоді, коли ціна на нього значно знизилася, тому що навіть після зміцнення холодною деформацією (після наклепу) чисте залізо не мало значних переваг перед зміцненою бронзою. І тільки після освоєння виробництва сталі й відкриття методів її зміцнення шляхом загартування, залізо у союзі з вуглецем стало тіснити мідні сплави.

Папір, порцеляна, цинк, копалине паливо (торф, кам'яне вугілля, нафта) і мінеральна хімічна сировина були отримані чи відкриті та почали широко використовуватися на початку нової ери. Подальший розвиток одержали науки - астрономія, математика, фізика, хімія, а також медицина та філософія. Розвивалися ремесла: ковальське, гончарне, будівельне, ткацьке й ін.; з'явилися механізми та верстати, що приводилися до руху вручну чи енергією падаючої води; розвилася судноплавство під вітрилом; удосконалювалася технологія виготовлення холодної зброї, кольчуг і лат; завдяки появі папера полегшилися нагромадження та передача знань. У цілому, людство стало на шлях створення техногенної цивілізації. При цьому швидкість освоєння нових матеріалів і технологій безупинно зростала та продовжує зростати.

Для того, щоб більш образно та повно представити темпи розвитку людського суспільства, давайте весь період становлення людини - 2 мільйони років - дорівнюємо одній

добі. При такій зміні масштабу часу виявиться, що первісне життя людини продовжувалося 23 години 55 хв., а великі цивілізації стародавності зародилися 4-5 хв. тому. Механізація ручної праці почалася 10 сек. тому з винаходом у 1776 р. Джеймсом Уаттом парової машини. Перші автомобіль, літак, телефон, кіноапарат, радіоприймач, лампа накаливання й ін. були винайдені 5 сек. тому (близько 100 років тому), а штучний каучук, надпровідники, лазери, телебачення, відеотехніка, електронно-обчислювальні машини, штучні супутники Землі та планет, ядерна енергія - 2-3 сек. тому. Саме ці технології і визначають «технологічний портрет» нашого часу. З іншого боку, перераховані вище, а також інші технології сьогодення є базою для технологій завтрашнього дня.

На думку фахівців в даний час найбільш актуальними та перспективними для людського суспільства є чотири технології: космічна, генна, мікропроцесорна та матеріалознавча.

Космічна технологія вже сьогодні стала серйозним конкурентом земних технологій у питаннях зв'язку, картографування місцевості, визначення зон і масштабів стихійних лих, виявлення корисних копалин і т.д. Космос усе ширше стає металургійною лабораторією, у якій в умовах вакууму та невагомості вирощуються надчисті кристали, виробляються нові сплави, здійснюється зварювання й т.п. Незважаючи на те, що космічні проекти вимагають великих ресурсів, реалізація ряду космічних програм, наприклад, супутникове телебачення, радіозв'язок і ін., економічно вигідне.

Генна технологія (інженерія) досліджує й змінює спадкоємні структури (геноми) рослин, мікроорганізмів і тварин. В даний час шляхом внесення відповідних змін у геноми бактерій удалося змусити їх робити невластиві їм гормони, пептиди, нейропептиди й інші біологічно активні речовини, синтезовані у природі у рослинному, тваринному чи людському організмах. У перспективі генна технологія може збагатити біосферу новими корисними видами рослин і тварин, стати інструментом у виробництві продуктів харчування та небіологічних виробів, а головне, удосконалити біологію самої людини, усунувши спадкоємні захворювання, збільшивши тривалість його життя й т.д. Однак переваги генної інженерії доки ще не носять однозначного

характеру.

Мікропроцесорна технологія, що є основою для створення електронно-обчислювальних машин, не тільки розширює інтелектуальні можливості людини, але і революціонізує виробництво, відкривши можливості створення «розумних» роботів і машин.

Здійснення космічних польотів, створення сучасних комп'ютерів і інші досягнення науки та техніки стали можливими завдяки успіхам матеріалознавства - науки про будівлю та властивості конструкційних матеріалів і про способи їх одержання.

Відзначені технології можуть зрівнятися лише з деякими інноваціями в історії людства: вогонь, кам'ні знаряддя, мова, писемність, тепло, електрика, передача інформації без переносу маси. Безумовно, ці інновації мали гігантські наслідки для людства, але вони не торкалися ні природних можливостей інтелекту, ні генетичних основ життя, ні ареалу її поширення.

### 1.3 Поняття про системи та їх складові

У світі усе складається із систем. Машина, живий організм, суспільство в цілому чи його частина - усе це системи. Одні системи вивчені досить добре, інші тільки починають вивчати. Так, людству давно відома сонячна система; живі організми мають нервову, серцево-судинну та інші системи. Усі машини та механізми належать до технічних і технологічних систем.

Кожна система виконує визначену роль, наприклад, двигун перетворює один вид енергії у інший, прядильний верстат переробляє волокна на нитці.

Перетерпівши тривалу історичну еволюцію, поняття система із середини ХХ століття стає одним із ключових філософсько-методологічних і спеціально-наукових понять.

Перші представлення про систему виникли в античній філософії. У давньогрецькій філософії і науці (Евклід, Платон, Арістотель) розроблялася ідея

системності знання. Сприйняті від античності представлення про системність биття розвивалися як у Б. Спінози й Г. Лейбніца, так й у побудовах наукової системітики XVII-XVIII ст. У філософії і науці нового часу поняття «система» використовувалося при дослідженні наукового знання.

Інтенсивні дослідження в цьому напрямку почалися у 1940-1950-их роках, однак, багато конкретно-наукових принципів аналізу системи вже були сформовані А.А. Богдановим, у роботах В.І. Вернадського, Т. Котарбинського й ін.

Запропонована наприкінці 1940-их років Л. Берталанфі програма побудови «загальної теорії систем» стала однією з перших спроб узагальненого аналізу системної проблематики. Додатково до цієї програми, тісно зв'язаною з розвитком кібернетики, у 1950-1960-і роки був висунутий ряд загальносистемних концепцій і визначень поняття «система» (у США, СРСР, Польщі, Великобританії, Канаді й інших країнах).

**Системою** (від грец. systema - ціле, складене з частин) називають сукупність частин (елементів), об'єднаних загальною функцією.

Так, якщо автомобіль розглядати як систему, то окремі його деталі будуть елементами цієї системи. Якщо як систему виберемо цех, то його елементами будуть окремі ділянки й т.п.

Між елементами системи існують функціональні зв'язки у виді потоків. Потоки бувають матеріальними, тепловими, енергетичними, інформаційними й т.п. Фактично вони існують разом.

У залежності від потреби аналізу в системі можна виділити підсистеми. **Підсистемою** називають виділену по якій-небудь ознаці частину системи, що має визначену мету та взаємозалежна із системою.

Так, у кровоносній системі підсистемою є серце. Якщо розглядати машину як систему, то двигун буде підсистемою, а деталі - елементами цієї системи. Поняття елемент, підсистема та система взаємозалежні, дивлячись з якої позиції розглядати їх складові частини. Так, конструктор розглядає машину як деталі.



Отже, машина є системою, двигун підсистемою, а деталі - елементами підсистеми та системи.

Кожна система має свої особливості. Так, невід'ємним елементом соціально-економічних систем, до яких належать виробничо-господарські комплекси, підприємства, об'єднання, галузі й т.п., є колективи людей. Людина активно бере участь у формуванні названих систем, впливає на характер їх зв'язків і відносин, функціонування та розвиток.

**Основні системні принципи:** - цілісність (залежність кожного елемента, властивості та відносини системи від її місця, функції і так далі усередині цілого); - структурність (можливість опису системи через установлення її структури, тобто мережі зв'язків і відносин системи); - взаємозалежність системи та середовища (система формує та виявляє свої властивості у процесі взаємодії із середовищем, будучи при цьому ведучим активним компонентом взаємодії); - ієрархічність (кожен компонент системи може розглядатися як система, а досліджувана у даному випадку система являє собою один з компонентів більш широкої системи); - множинність опису системи (у силу принципової складності системи її адекватне пізнання вимагає побудови безлічі різних моделей, кожна з яких описує лише визначений аспект системи).

Кожна система має оточення. Теоретично - це усе, що її оточує, але не входить до складу. Структура системи складається з безлічі елементів (E) і зв'язків між ними, що виражені у виді потоків ( — ) (рисунок 1.1).

Середовище та система взаємодіють через вхідні ( $X_1, X_2$ ) і вихідні (Y) канали зв'язку. Через входи система сприймає вплив інших систем чи їх складових, а через виходи - сама діє на них.

Істотним аспектом розкриття змісту поняття системи є виділення різних її типів (при цьому різні типи й аспекти системи - закони їх будівлі, поведження, функціонування, розвитку й т.д. - описуються у відповідних спеціалізованих теоріях систем).

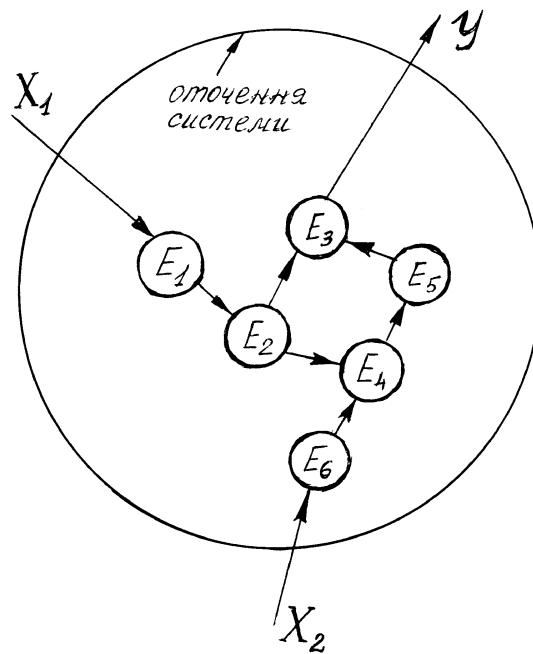


Рисунок 1.1 - Структура системи

У найбільш загальному плані системи можна розділити на матеріальні й абстрактні.

Матеріальні (цілісні сукупності матеріальних об'єктів), у свою чергу, поділяються на системи неорганічної природи (фізична, геологічна, хімічна й т.д.) і живі системи, куди входять найпростіші біологічні системи, а також дуже складні біологічні об'єкти типу організму, виду, екосистеми.

Абстрактні системи є продуктом людського мислення; вони також можуть бути розділені на безліч різних типів (особливі системи являють собою поняття, гіпотези, теорії, послідовна зміна наукових теорій і т.д.). До числа абстрактних систем відносяться й наукові знання про системи різного типу, як вони формулюються у загальній теорії систем, спеціальних теоріях систем та ін.

Науково-технічна революція привела до необхідності розробки та побудови автоматизованих систем управління національним господарством (промисловістю, транспортом і т.д.), автоматизованих систем збору й обробки інформації у національному масштабі й т.д.

## 1.4 Класифікація систем

**Усі системи розділяють на класи по визначених ознаках:** походженню, ієрархії, складності, зв'язкам з оточенням і т.п.:

1. По походженню. За цією ознакою всі системи розділяють на природні та штучні. Природні системи існують у Природі, штучні системи створила Людина для задоволення своїх потреб. До штучних систем належать виробничі, технологічні, технічні й ін.

Виробничі системи створені людиною для виготовлення необхідної продукції.

Технологічні системи є складовими частинами виробничих систем. Вони створені для переробки сировини в проміжну чи готову продукцію.

Технічні системи - це машини, апарати, агрегати, печі, прилади, транспортні засоби й т.п. Вони можуть існувати окремо чи входити до складу елементів технологічних систем. Саме на них має великий вплив науково-технічний прогрес. Технічні системи дуже дорогі. Їх заміняють у двох випадках: якщо з'являються кошти на їх заміну та якщо є щось краще. Це залежить від розвитку науково-технічного прогресу (НТП).

Попит на технічні системи, навіть після винаходу нових, більш ефективних не завжди спадає до нуля.

Час переходу технічних систем від задуму до готових виробів є дуже різним. Якщо раніше він тривав кілька десятків років, то у ХХ ст. ці терміни скоротилися до декількох років. Наприклад, ідея фотографії пробивала собі дорогу 112 років, радіо - 35, телевізора - 12, транзистора - 5, інтегральної мікросхеми - 3 роки. У майбутньому буде тенденція на ще більше скорочення часу впровадження нових ідей у виробі.

2. По ієрархії (по розподілі на вищий та нижчий рівень) - макро- і мікросистеми.

Поняття «елемент» і «система» відносні, оскільки одна система може бути елементом іншої системи більшого масштабу, а елемент системи можна поділити на складові частини, що є системою нижчого рівня. Система нижчого

рівня знаходить більш універсальне застосування, чим вищого. Наприклад, гвинт застосовується у машинобудуванні скрізь, електричний двигун - часто, а вже технологічна лінія - лише для визначених потреб.

3. По складності структури. Складність системи визначається її структурою, числом елементів і зв'язків, обсягом інформації, закладеної в систему й т.п.

Розділяють на безмежно складні (наприклад, людський мозок); дуже складні (повна атоматизація виробництва); складні (університетська бібліотека, легковий автомобіль) і прості (з'єднання двох деталей у вузол).

4. По зв'язках з оточенням: - відкриті, котрі мають принаймні один вхід і вихід; - замкнені (циркуляційні) - без зв'язку з оточенням; - комбіновані. Замкнені та комбіновані системи компактніше, ніж відкриті, у них менше витрати електричної енергії, палива, повніше використовується сировина, менше виходить побічної продукції, взаємодія реагуючих речовин проходить з великою швидкістю, унаслідок чого повніше використовується обсяг агрегату. Отримана продукція більш якісна. Замкнені та комбіновані системи є основою створення маловідходних технологій.

Окрім описаних ознак класифікації систем існують ще інші.

## 1.5 Технологічна система та її складові

**Технологічною системою** називають об'єкт, що взаємодіє з зовнішнім середовищем, складається з великої кількості елементів, взаємозалежних між собою потоками, і функціонуючих як єдине ціле з загальною метою - забезпечити економічно доцільну переробку сировини на потрібну продукцію.

**Елемент технологічної системи** складається з технічної системи та технологічного процесу (операції), що відбувається у технічній системі чи з її допомогою.

Прикладом технічної системи може бути млин, піч, прес-форма, верстат і т.п. У цих технічних системах відбуваються відповідні технологічні процеси,

наприклад, у млині - здрібнювання, у печі - випал і т.п. Ще один приклад: на токарському верстаті (технічна система) різанням (технологічний процес) заготівлі додають визначену форму, розмір і шорсткість поверхні.

**Підсистема технологічної системи** складається з одного чи декількох елементів. Підсистема функціонує як самостійна частина системи.

Зв'язок між складовими системи (підсистемами й елементами) відбувається за допомогою потоків. Потоки відображають перенесення сировини чи проміжної продукції, енергії і т.п. від одного елемента до іншого.

Технологічна система з навколишнім середовищем зв'язана входами та виходами, за допомогою яких обмінюється сировиною, проміжною чи готовою продукцією, відходами, побічною продукцією, енергією й інформацією. Через входи система сприймає дію інших систем і підсистем виробництва. Через виходи сама діє на них.

Технологічні системи складні і многостадійні; складні, оскільки складаються з великої кількості підсистем і елементів; многостадійні, оскільки перехід від сировини до готової продукції в багатьох випадках вимагає багаторазової переробки попередньо отриманої продукції чи проміжної продукції.

Незалежно від того, які виробляються вироби, у матеріальній сфері товарного виробництва **технологічні системи складаються в основному з наступних етапів.**

1 етап. Видобуток природних матеріалів (гірничорудне, нафтогазове й інші видобувні виробництва мінеральних матеріалів і деревини).

2 етап. Виробництво матеріалів із природної сировини (металургійні, хімічні, ткацькі й інші промислові виробництва матеріалів).

3 етап. Виробництво заготівель, деталей і окремих елементів (ливарне, ковальсько-штампувальне, волочильне, зварювальне, а також виробництво плат електронних приладів, намотувальних виробів, магнітопроводів й інших елементів специфічних виробів).

4 етап. Цей етап може бути умовно названий обробним виробництвом (це виробництва, при яких досягаються необхідна точність і якість поверхонь деталей за рахунок застосування процесів обробки різанням, поверхнево-пластичного деформування, електрофізичної і електрохімічної обробки).

5 етап. Зборка та монтаж виробів (складальне виробництво з використанням різних технологічних процесів з'єднання окремих деталей чи монтажу ручною пайкою, зануренням, компресійним зварюванням й ін.).

6 етап. Доведення, налагодження, іспит виробів, визначення їх якості та відповідності технічним умовам. Проставлення товарного знаку, штрих-коду й інших позначень. Сертифікація.

7 етап. Постачання виробу та передача його на внутрішній чи зовнішній ринок як товару поширеного вживання чи товару промислового призначення. Визначення задачі рекламної кампанії. Комерційна реалізація виробів.

Наприклад, виробництво чавуна: на першій стадії має місце здрібнювання руди, флюсу та підготовляння шихти; на другій - горіння палива, відновлення заліза та домішок з їх сполук, науглецювання заліза й т.п.; на третьої - поділ отриманої продукції на: чавун, шлак, газ, пил і т.п.

## 1.6 Охорона навколишнього середовища. Техніка безпеки на виробництві

Усе, що оточує Людину називають навколишнім середовищем. Перед людством світу встало питання про порятунок від голоду, холоду та забрудненого навколишнього середовища.

Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів за умови швидкого розвитку промисловості, транспорту, сільського господарства є одним з найважливіших задач кожної держави. Велику шкоду навколишньому середовищу наносять викиди, що виходять у процесі видобутку та переробки мінеральної сировини, виготовлення з неї продукції, під час виробництва електричної енергії. Не меншу шкоду наносить також

автомобільний транспорт.

Повітря, вода та земля забруднюються як природно, так і штучно.

1. Природні джерела забруднення навколишнього середовища: дія вулканів, що викидають велику кількість пилу й газу, пожежі, вітри з морів і океанів. В атмосферу попадають речовини у виді пилу та газу.

2. Штучні джерела забруднення навколишнього середовища - результат діяльності Людини. Навколишнє середовище забруднюють видобувні підприємства (кар'єри, копальні й т.п.), теплоелектростанції, що працюють на усіх видах палива; підприємства чорної і кольорової металургії і т.п. При цьому в атмосферу попадають пил, оксиди вуглецю, сірки, азоту й т.п. Найнебезпечнішими є викиди хімічних підприємств, оскільки складаються з особливо шкідливих речовин, небезпечних для живих організмів.

Найбільше забруднена атмосфера діоксидом сірки, оксидом вуглецю, оксидом азоту та пилом. На них приходить понад 85% загальної кількості шкідливих викидів в атмосферу.

Вода (ріки, озера, моря, океани, підземні води) забруднюється в основному штучним способом. Майже у всіх видах своєї діяльності людина використовує воду: вода є сировиною, розчинником, теплоносієм, охолоджувачем і т.п.

Основними способами забруднення землі є видобуток корисних копалин, скидання породи та відходів виробництва у відвали, надмірне внесення мінеральних добрив у ґрунт і т.п.

Основні задачі охорони навколишнього середовища, що встають перед людством - винахід і впровадження нових технологій, що скорочують втрати корисних копалин у процесі їх видобутку та переробки; створення такого технологічного оснащення, яке зменшує кількість шкідливих викидів; впровадження очисних споруджень на всіх джерелах шкідливих викидів.

У процесі видобутку та переробки сировини люди зіштовхуються зі шкідливими, вогнебезпечними та вибухонебезпечними речовинами, часто несправними машинами й оснащенням: різними видами транспорту й енергії і

т.п. Для захисту людини від згубної дії цих факторів на кожному підприємстві й робочому місці розроблені конкретні заходи.

**Технікою безпеки** називають систему організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних, навчально-просвітительських і правових заходів, проведених з метою створення безпечних умов праці на відповідних підприємствах.

До організаційних заходів захисту належать раціональне об'єднання цехів, ділянок; зручне розміщення устаткування та робочих місць; вибір безпечних способів ведення технологічних процесів з використанням механізованого й автоматизованого устаткування й т.п.

До технічних заходів захисту належать попереджувальні знаки, загородження, сигналізація (звукова та світлова) і ін. Усі вони застерігають працівників від небезпеки. Важливу роль у технічних засобах захисту приділяють попереджувальним пристроям (вимикачі, клапани й т.п.), які призначені для попередження про небезпеку, наприклад, пожежу, вибух, перегрівання устаткування, вихід шкідливих речовин.

До санітарно-гігієнічних заходів належать чистота приміщення, місця роботи, наявність відповідного освітлення, вентиляції і засобів індивідуального захисту (спеціальний одяг, взуття, рукавиці, окуляри, протигази й т.п.). Ці засоби спрямовані на захист працівників від отруєння, опіків, травм (механічних і електричних) і т.п.

Навчально-просвітительські заходи складаються із навчання працівників: вивченні ними інструкцій і правил техніки безпеки безпосередньо на місцях роботи; проведення інструктажів (вступних на місцях роботи та повторних) і т.п.

На кожному підприємстві є відділ техніки безпеки, основна задача якого - нагляд за створенням і дотриманням безпечних умов праці.

До найнебезпечніших речовин, що згубно впливають на здоров'є людини належать пари ртуті та свинцю, сірководень, хлор, бензол і т.п. На всіх підприємствах, що виробляють, використовують чи зберігають ці речовини встановлені гранично припустимі їх дози в повітрі. Унаслідок тривалої дії



шкідливих речовин, а також високих температур, шуму, вібрації, радіації у працівників виникають професійні захворювання.

Щоб запобігти травматизм і професійні захворювання, необхідно дотримуватися правил техніки безпеки.

## Тема 2. Сировинна та паливно-енергетична бази

1. Класифікація сировини
2. Корисні копалини та способи їх видобутку
3. Підготовка сировини до переробки
4. Значення якості сировини та її раціональне використання
5. Характеристика палива
6. Енергія, її види та джерела
7. Раціональне використання енергії

### 2.1 Класифікація сировини

**Сировиною** називають речовини, з яких роблять продукцію. Наприклад, з цукрового буряка роблять цукор, із залізної руди - чавун, із зерна - борошно.

Сировину класифікують по наступних ознаках:

**1. По походженню:** первинне, штучне та вторинне.

1) первинна сировина - речовини природного походження, що не проходили переробку (поділяють на мінеральну, рослинну та тваринну):

а) мінеральна сировина - корисні копалини, що добувають у надрах Землі чи на її поверхні. У залежності від мети використання мінеральну сировину розділяють на паливно-енергетичну, рудну, хімічну, будівельну та дорогоцінні (напівкоштовні) камені, гідромінеральну.

Паливно-енергетична сировина - це вугілля, нафта, торф, природний газ, пальні сланці, уран і ін. Вона є не тільки джерелом теплової енергії, а і сировиною для хімічної, металургійної і інших галузей промисловості.

Рудна сировина - це залізні, мідні, хромові та інші руди. Промислові руди містять один чи кілька металів. Зміст металів у цих рудах різний. У рудах метали знаходяться у виді оксидів (наприклад, залізна руда містить залізо у виді оксидів ( $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ )), сульфідів. Дуже рідко в природі зустрічаються руди, у яких

метали знаходяться у вільному стані, - це золотоносні та платинові руди.

Хімічна сировина - це мінерали з малим змістом металів. Тому її часто називають мінералохімічною сировиною. Це калійні солі, сірка, апатити й т.п.

Будівельна сировина та дорогоцінні (напівкоштовні) камені. До будівельної сировини належать: граніт, вапняк, пісок, глина й т.п. З цієї сировини виготовляють продукцію, необхідну для будівельного виробництва. Дорогоцінні та напівкоштовні камені (алмаз, янтар, кришталевий кварц, аметист і т.п.) в основному є сировиною для ювелірної промисловості.

Гідромінеральна сировина - це підземні мінеральні та прісні води й розсоли;

б) рослинна сировина - наземна та підземна частина рослин (листя, стовбур, квіти, насіння, плоди, корінь і т.п.). До рослинної сировини належить льон, цукровий буряк, бавовна, деревина, зерно й т.п. З неї роблять продукти харчування та продукцію промислового та побутового призначення;

в) тваринна сировина - вовна, шкіра, шовк, молоко, хутро й т.п. Переробляючи сировину тваринного походження, одержують продукти харчування та продукцію побутового та промислового призначення.

Рослинна та тваринна сировина на відміну від мінеральної вимагає швидкої переробки, оскільки з часом її склад і якість змінюються. Для збереження рослинної і тваринної сировини протягом тривалого часу її висушують, заморожують, консервують, стерилізують, зберігають в атмосфері захисних газів і т.п.

Сировина мінерального походження має визначені райони залягання й обмежену кількість. Сировина рослинного та тваринного походження залежить від природних умов. Проте і мінеральну, і рослинну, і тваринну сировину треба використовувати раціонально;

2) штучна сировина. Штучною сировиною називають продукцію чи напівфабрикати, виготовлені на інших підприємствах чи в окремих підрозділах даного підприємства. Наприклад, готова продукція домнового цеху - чавун, є сировиною для одержання сталі; готова продукція ткацького цеху - тканина, є

сировиною для пошиття одягу й т.д.;

3) вторинна сировина - це промислові та споживчі відходи й побічна продукція:

а) промисловими відходами називають залишки сировини та напівфабрикатів, що утворилися в процесі виготовлення основної продукції і які частково чи цілком втратили свої властивості та не відповідають установленим стандартам. Промислові відходи після переробки, а іноді й без неї можуть бути використані в виробництві чи споживанні;

б) споживчими відходами називають вироби та речовини, що у процесі користування ними втратили свої властивості. Наприклад, вироби з металів (праска, каструля й т.п.) втратили придатність до використання та являють собою металобрухт;

в) побічною продукцією називають таку продукцію, що утворилася разом з основною у процесі переробки сировини, але не була метою виробництва. На побічну продукцію встановлюють стандарти, технічні умови, ціни. Побічну продукцію часто використовують як готову продукцію або вона є сировиною для виготовлення іншої. Наприклад, у процесі виробництва чавуна (основна продукція) одержують шлак (побічна продукція), що є сировиною для виготовлення будівельних матеріалів (шлакоцемент, шлаковата й т.п.).

Вторинна сировина цілком чи частково заміняє первинну сировину при виготовленні продукції. Це економічно й екологічно вигідно: продукція стає більш дешевою та менше забруднюється навколишнє середовище.

Штучну та вторинну сировину звичайно називають **матеріалами**.

**2. По агрегатному стану:** тверде, рідке й газоподібне. Прикладом твердої сировини є металеві руди, вугілля, пісок, льон, зерно; рідкої - нафта, вода, соляні розсоли, молоко; газоподібною - повітря, природний і промисловий газ.

**3. По важливості в технологічному процесі:** основна та допоміжна.

Основною сировиною називають ту, що є основою виробленої продукції. Наприклад, залізна руда є основою для одержання чавуна, цукровий буряк - для

одержання цукру, тканини - для пошиття одягу.

Допоміжною - та, що додає продукції визначені властивості чи забезпечує нормальний хід технологічного процесу. Наприклад, мастила забезпечують надійну роботу вузлів оснащення; каталізатор - нормальний хід технологічного процесу; фарби - додають тканині відповідний колір.

## 2.2 Корисні копалини та способи їх видобутку

**Корисними копалинами** називають речовини, що знаходяться у надрах Землі чи на її поверхні та використовуються людьми для задоволення своїх потреб. Ці речовини використовують без чи після переробки. Разом з корисними копалинами у земній корі залягають породи.

**Породою** називають речовину, що не містить основного компонента корисної копалини.

Наприклад, у залізних рудах основним компонентом є залізо, що міститься у руді у виді оксидів і інших сполук заліза. Порода в залізних рудах складається, в основному, з піску та глини.

Природні зосередження корисних копалин у надрах Землі називають **родовищем**.

У залежності від характеру робіт і виду корисних копалин, що добуваються з родовища, останнє має визначену назву, що склалося історично. Наприклад, залізні, мідні та інші руди, кам'яне вугілля, золото, солі добувають на копальнях; вапняк, пісок, глину - у кар'єрах; камінь, граніт - у каменоломнях.

У родовищах корисні копалини залягають у виді пластів, жил, гнізд і т.п. Пласти та жили можуть бути горизонтальними, положистими та похилими (рисунок 2.1).

**Кутом падіння** ( $\alpha$ ) називають кут, що утворює пласт з горизонтальною площиною. **Потужністю пласта** називають його товщину ( $m$ ). По потужності пласти розділяють на дуже тонкі (до 0,5 м), тонкі (0,5-1,3 м), середні (1,3-3,5 м) і

могутні (понад 3,5 м).

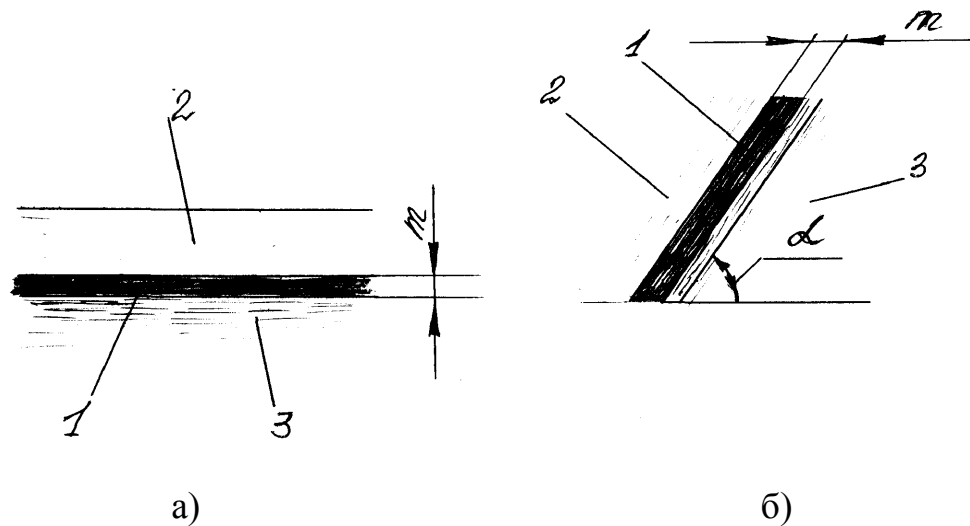


Рисунок 2.1 - Схема пластів (а - горизонтальний; б - похилий) і їх елементів:  
1 - шар, 2 - покрівля, 3 - основа,  $\alpha$  - кут падіння пласта,  $m$  - товщина пласта

Корисні копалини залягають у надрах Землі на різній глибині. Для пошуку родовищ використовують їх фізичні властивості: електропровідність, щільність, магнітні властивості, швидкість поширення звукових хвиль і ін. Родовища досліджують за формою залягання корисних копалин, площею поширення, глибиною, хімічним складом, запасами й т.п. Якщо результати досліджень (розвідування) показують доцільність розробки даного родовища, то приступають до видобутку корисних копалин.

Під час видобутку корисних копалин у земній корі виходять порожнечі, що називають **виробленнями**. Для видобутку використовують вибухові речовини, що вибирають у залежності від вироблення та властивостей гірських порід.

#### **Корисні копалини добувають такими способами:**

1) наземним способом корисні копалини добувають у випадку, якщо вони залягають неглибоко у Землі (пісок, глина, камінь, галька, буре вугілля, руди й т.п.). Видобутку корисних копалин передують підготовчі роботи, що складаються з вирубки лісів, чагарників, висушуванні боліт, відводі води й т.п. Ці роботи проводять у разі потреби. Потім зрізують шари ґрунту та породи, що лежать над

корисними копалинами, і транспортують їх до смітників.

Роботи з видобутку складаються з виїмки корисної копалини та породи, їх навантаження на транспортні засоби, транспортування до місця переробки та розвантаження.

**Кар'єром** називають сукупність відкритих вироблень, обладнаних для видобутку корисних копалин. Зверху кар'єр виглядає як величезна яма, схили якої нагадують сходинок (рисунок 2.2). Ці сходинок називають уступами. Ширина уступів досягає декількох десятків метрів.

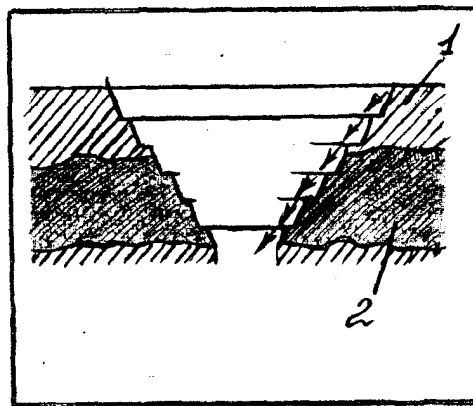


Рисунок 2.2 - Схема поперечного розрізу кар'єру:

1 - порода; 2 - корисна копалина

На уступах прокладають дороги, іноді монтують могутні стрічкові конвеєри. Корисні копалини добувають за допомогою могутніх машин. Частіше використовують **екскаватори** (англ. excavator від лат. exsavo - видовбую), що ковшем зачерпують корисні копалини й породу та вантажать їх у транспортних засобах (автомобілі-самоскиди, залізничні вагони й т.п.).

За допомогою транспортних засобів корисні копалини доставляють споживачам чи на збагачувальну фабрику, а породу - на смітник. Продуктивність праці в кар'єрах висока, а собівартість отриманої продукції невелика. Рівень механізації в кар'єрах набагато вище, ніж на копальнях.

Основні недоліки наземного способу видобутку корисних копалин -

руйнування родючих земель на великій території і забруднення пилом навколишнього середовища;

2) підземним способом добувають корисні копалини, що залягають глибоко у Землі. Цим способом добувають кам'яне вугілля, руди різних металів, солі.

**Копальнею** називають гірське підприємство, на якому добувають корисні копалини у закритих виробленнях. На території, що займає родовище корисної копалини, може бути одна чи кілька копалень.

Площу родовища, що розробляється однією копальнею, називають **копальневим полем**. Розмір поля залежить від потужності пласта ( $m$ ) і кута його падіння ( $\alpha$ ). У випадку побудови копалень в одному районі економічно вигідно мати централізоване господарство на поверхні землі для обслуговування декількох копалень, до якого належать компресорні, механічні майстерні, збагачувальні фабрики й т.п.

Підготовляють копальнєве поле розкриттям пласта, роблячи вертикальні вироблення, що доходять до пласта корисної копалини. При цьому вироблення зміцнюють дерев'яними (деревина хвойних порід), металевими та залізобетонними конструкціями. Укріплені вертикальні вироблення називають **стовбурами**. Копальня може мати два чи більше стовбури. У головному стовбурі клетью чи скіпом (від англ. skip - стрибок) піднімають на поверхню корисні копалини та породу. Окрім скіпів і клетей у стовбурі розміщені труби для відкачки підземних вод, кабелі для подачі електричної енергії і драбини для виходу людей на поверхню на випадок аварії. Через вентиляційний стовбур могутніми вентиляторами подають у копальню свіже повітря. Цим стовбуром можна опускати в копальню людей.

У копальнях корисні копалини транспортують за допомогою конвеєрів чи у вагонетках, що тягнуть електровози, потім у скіпах чи клетях їх вивозять на поверхню, де перевантажують у залізничні вагони чи автомобілі-самоскиди та відправляють до споживача або на збагачувальну фабрику. Породу вивозять на поверхню та зсипають на смітники;



3) корисні копалини, що у родовищах знаходяться в рідкому та газоподібному станах (вода, нафта, розсоли, природний газ) добувають свердловинним способом. Суть його полягає в тому, що над родовищем корисної копалини бурять свердловину. Як тільки свердловина доходить до пласта, з надр Землі на поверхню виривається потік чи фонтан корисної копалини, що направляють у труби чи резервуари (франц. reservoir від лат. reservo - зберігаю) (наприклад, нафта, газ);

4) наземний і підземний способи видобутку корисних копалин мають визначені недоліки, уникнути яких можна, використовуючи хімічні, фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні способи видобутку корисних копалин, що об'єднані назвою геотехнологічні способи видобутку корисних копалин чи геотехнологія.

Геотехнологічні способи складаються у видобутку корисних копалин без організації копалень і кар'єрів. В основі геотехнології лежить свердловинний спосіб видобутку. У Земній корі над родовищем бурять свердловину, у яку заливають спеціальні речовини (холодна чи гаряча вода, водяна пара, розчини кислот, солей, бактерії і т.п.). Під дією цих речовин корисна копалина може перейти в пару, розчин, розплав чи гідросуміш, що помпою викачують з тих же свердловин чи зі свердловин розташованих поруч.

Деякі бактерії здатні прискорювати процес вилучення хімічних елементів з мінералів і накопичувати їх на своїй поверхні. За допомогою бактерій навчилися витягати нікель, ванадій, золото й т.п. До розчину, у якому міститься потрібний хімічний елемент, додають бактерії-рудокони. При наявності бактерій руда розчиняється в кілька разів швидше.

### 2.3 Підготовка сировини до переробки

Кожен вид сировини перш ніж з нього почнуть виготовляти продукцію вимагає відповідної підготовки:

1. Здрібнювання сировини - це перетворення великих шматків твердої сировини в менші чи в порошок. Подрібнюють сировину для того, щоб збільшити поверхню взаємодії реагуючих речовин (складових сировини). За таких умов час перетворення сировини на продукцію зменшується.

Мінеральну сировину подрібнюють розколюванням, розбиванням, розтиранням. Розколюванням і розбиванням подрібнюють тверді та ламкі речовини, розтиранням - пластичні.

Сировину рослинного та тваринного походження подрібнюють різанням і помелом.

Здрібнювання проводять у дробарках, млинах, на різачах і в резальних машинах. Дробарки використовують для одержання великих (300-100 мм), середніх (50-10 мм) і маленьких (10-2 мм) шматків. Конструкції дробарок різні. Схема дробильних валків, на яких подрібнюють тверду мінеральну сировину, представлена на рисунку 2.3.

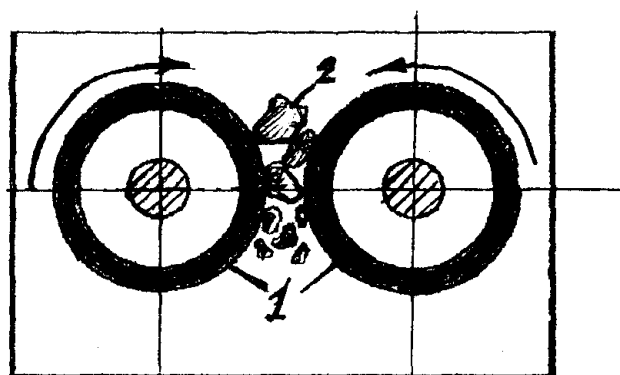


Рисунок 2.3 - Схема дробильних валків, на яких подрібнюють тверду мінеральну сировину:

1 - валки; 2 - сировина

Млина використовують для здрібнювання сировини. Для здрібнювання твердої мінеральної сировини найбільш часто використовують кульові млини (рисунок 2.4). У кульових млинах сировина подрібнюється за допомогою металевих куль (2), що разом із сировиною (3) засинають в обертовий пристрій (1) млина.

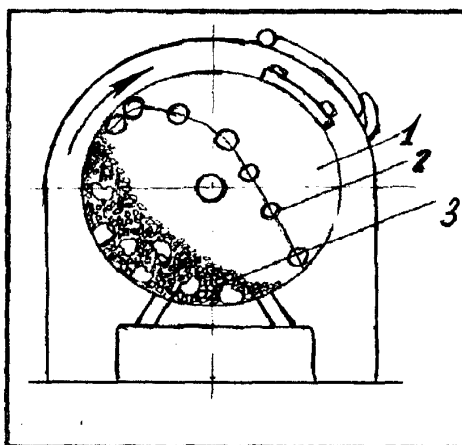


Рисунок 2.4 - Схема кульового млина

При здрібнюванні сировина може бути сухою та мокрою. При мокрому здрібнюванні до сировини додають рідину, найчастіше воду. Мокре здрібнювання екологічно чисте, оскільки дрібні частини не викидаються в повітря та не забруднюють навколишнє середовище.

2. Сортування сировини по розмірі шматків. Для нормального ходу технологічного процесу необхідно, щоб поверхня шматків реагуючих речовин (складових сировини) була оптимальною. Так, у процесі виробництва чавуна оптимальну поверхню мають шматки руди розміром 10-80 мм. Якщо розмір шматків менш ніж 10 мм, тоді вони виносяться з печі разом з домневим газом; якщо розмір перевищує 80 мм, тоді збільшується час перебування сировини в печі, а це значно скорочує продуктивність печі та збільшує собівартість чавуна. Саме тому здрібнену сировину сортують по розміру шматків.

**Сортуванням** називають поділ здрібненої сировини на окремі фракції за допомогою решіт і сит.

**Фракцією** (від лат. fractio - розламування) називають визначеного розміру часточки твердої сировини. Фракції великих по розмірі шматків одержують поділом здрібненої сировини на решетах, маленьких - на ситах. Для поділу здрібненої сировини на фракції решета та сита ставлять одне над одним. Унаслідок поділу одержують на одну фракцію більше, ніж встановлено решіт і

сит.

3. Збагачення сировини. Збагаченням називають очищення сировини від речовин, непотрібних для одержання запланованої продукції.

Тверді речовини збагачують промиванням водою, гравітацією, магнітною сепарацією та флотацією. Ці способи збагачення ґрунтуються на фізичних властивостях складових частин сировини, таких як щільність, здатність намагнічуватися й т.п.

Промиванням водою збагачують, наприклад, залізну руду, унаслідок чого вимивається глина.

Гравітаційне збагачення ґрунтується на різній швидкості падіння шматків мінералів у воді чи повітрі, оскільки вони мають різну щільність.

Магнітною сепарацією (від лат. separator – відокремити) збагачують руди, до складу яких входять мінерали, що мають магнітні властивості.

Флотаційне (від англ. flotation - плавання) збагачення - найбільш універсальний і досконалий спосіб збагачення. Їм збагачують майже всі мінерали. Суть цього способу складається в різних поверхневих властивостях складених мінералів. Одні краще змочуються водою та цілком занурюються в неї, інші - гірше та плавають на поверхні. Для прискорення процесу поділу використовують спеціальні речовини, що називають **флотореагентами**. Збагачення проводять у флотаційних машинах.

Суміші рідких речовин збагачують випарюванням розчинника, виморожуванням, висаджуванням домішок і т.п.

Суміші газоподібних речовин розділяють по складу послідовною конденсацією газів при їх стисканні та зниженні температури та за допомогою мембран.

4. Агломерація та грудкування. Дуже здрібнена сировина має зменшену газопроникність, що позначається на техніко-економічних показниках роботи устаткування. Окрім того, вона виноситься з печей чи реакторів і забруднює навколишнє середовище. Щоб це запобігти дрібну сировину агломерують чи

грудкують.

**Агломерацією** (від лат. agglomerо - накопичую, приєдную) називають спікання дрібних порошкових речовин, непридатних для використання, у купки оптимального розміру. Під час спікання сировину продувають повітрям, завдяки чому продукція стає пористою, її називають **агломератом**.

**Грудкуванням** називають одержання купок (грудок) зі здрібненої руди, пилу, невеликої кількості глини чи вапняку та води з наступним висушуванням і випалом. Це досить прогресивний спосіб підготовки сировини в чорній металургії, що поліпшує якість продукції і полегшує процес одержання чавуна й сталі. Використання грудок при виробництві чавуна збільшує продуктивність домневої печі.

#### 2.4 Значення якості сировини та її раціональне використання

**Якість сировини** визначається сукупністю її фізичних, механічних, хімічних і технологічних властивостей.

Вибір і якість сировини визначають режим роботи та продуктивність устаткування, впливають на якість і собівартість продукції. Так, для виробництва чавуна використовують руди з різним змістом заліза. У випадку великого змісту заліза в руді зменшуються витрати на підготовку руди до переробки та витрати палива (коксу, природного чи іншого газу), зростає продуктивність домнової печі та навпаки.

Для виготовлення якісної продукції необхідно дотримуватися таких вимог: якісна сировина й паливо; досконале устаткування (агрегати, печі, апарати й т.п.) і відповідна новітня технологія. Усі ці вимоги взаємозалежні.

Аналіз роботи підприємств показує, що економіка виробництва залежить від **раціонального** (від лат. rationalis - розумний) і **комплексного** використання сировини.

Відомо кілька шляхів раціонального використання сировини. Найбільш

важливий з них - належний вибір сировини, якісне збагачення, комплексна переробка та максимальне використання відходів.

Вибір сировини визначає тип технологічного устаткування, тривалість її переробки та впливає на техніко-економічні показники роботи підприємства. Сучасні технології дають можливість одну й ту саму продукцію виробляти з різних видів сировини. Наприклад, деякі деталі для машин виготовляють з металів, пластмас; сірчану кислоту виробляють із сірки, сірчистих мінералів і газів, що відходять, кольорової металургії.

У багатьох випадках експлуатуються родовища корисних копалин з мізерним змістом потрібного елемента чи родовища, що залягають дуже глибоко. Унаслідок цього збільшуються витрати на видобуток, підготовку та транспортування сировини до місця переробки. Саме тому дуже важливо цілком використовувати мінеральну сировину: витягати усі компоненти та використовувати відходи (комплексне використання сировини). При комплексному використанні сировини зменшуються витрати на транспортування, не забруднюється навколишнє середовище та зменшується собівартість основної продукції.

## 2.5 Характеристика палива

**Паливом** називають речовини, у процесі згорання (розподілу чи з'єднання ядер) яких виділяється значна кількість теплоти.

### **Класифікація палива:**

1. По походженню паливо розділяють на природне та штучне. До природного відносять, наприклад, дрова, торф, вугілля, горючі сланці й т.п.

Штучне паливо одержують переробкою природного палива. Так, у процесі нагрівання викопного вугілля у високій температурі без доступу повітря одержують кокс, з нафти роблять мазут і т.п. Із твердих споживчих відходів, а також із сільськогосподарських і інших відходів одержують біогаз.

2. По агрегатному стану паливо розділяють на тверде (викопне вугілля, торф, горючі сланці, дрова), рідке (бензин, мазут, дизельне паливо й т.п.) і газоподібне (природний газ, водень і т.п.).

Властивості палива залежать в основному від його хімічного складу. Основним елементом більшості видів палива є вуглець. У різних видах палива зміст вуглецю - від 30 до 95%. До складу палива входять також водень, кисень, азот, сірка та інші речовини.

Цінність палива визначається кількістю теплоти, що виділяється у випадку повного його згорання. Так, у процесі спалювання 1 кг дров виділяється 10,2 МДж/кг теплоти, кам'яного вугілля - 22 МДж/кг, бензину - 44 МДж/кг. Чим більше вуглецю та водню міститься у паливі, тим більше теплоти виділяється у процесі його згорання.

Під час спалювання палива виходять тверді та газоподібні речовини. Тверді - це попіл, шлак, сажа. Газоподібні - оксиди вуглецю, азоту, сірки й т.п. Газоподібні та частково тверді продукти згорання палива через димарі викидаються в атмосферу. Для захисту навколишнього середовища використовують різні фільтри та пристрої, що очищають чи знешкоджують шкідливі викиди. Перспективним видом палива, що не забруднює навколишнього середовища, добре зберігається та транспортується, є водень. У процесі згорання водню виділяється водяна пара.

## 2.6 Енергія, її види та джерела

Усі технологічні процеси зв'язані із затратами або виділенням енергії.

При виготовленні продукції використовують сонячну, світлову, теплову, хімічну, електричну, механічну, ядерну й інші види енергії.

1. Сонячна енергія. Від Сонця на Землю йде тепловий потік, енергія якого складає  $1,57 \cdot 10^{18}$  кВт·год. Цю енергію можна використовувати для нагрівання повітря, води, приміщень, сушіння сировини та готової продукції, опріснення

морської води й т.п. Її можна перетворювати в електричну енергію.

2. Енергія світла - використовують для створення фотоелементів, фотоелектричних датчиків, автоматів і т.п. За допомогою цього виду енергії реалізується велика кількість фотохімічних процесів у хімічних технологіях.

3. Теплова енергія. Її одержують у ході спалювання палива. Вона здавна використовується для обігрівання приміщень, одержання металів і сплавів, висушування сировини та продукції і т.п. Теплову енергію перетворюють в електричну.

4. Хімічна енергія. Вона виділяється в процесі екзотермічних реакцій. Хімічна енергія є джерелом теплоти для нагрівання сировини. Хімічна енергія в гальванічних елементах і акумуляторах перетворюється в електричну.

5. Електрична енергія. Її виробляють на електростанціях. Цей вид енергії використовують для проведення електрохімічних (електроліз розчинів і розплавів) і електротермічних (нагрівання, плавлення й т.п.) процесів. У промисловості електричну енергію використовують у електрофільтрах для очищення газів від пилу, тумана й т.п. Електричну енергію використовують для освітлення й одержання механічної і теплової енергії.

6. Механічна енергія. Вона потрібна головним чином для дробління, розмелювання та перемішування сировини, роботи компресорів, вентиляторів, а також для транспортування сировини, продукції і т.п.

7. Ядерна енергія. Цей вид енергії виділяється при розподілі чи з'єднанні ядер. Цю енергію використовують на атомних електростанціях для одержання електричної енергії.

Для одержання **електричної енергії** використовують енергію води, вітру, сонця й т.п. Ці види енергії на електростанціях перетворюють в електричну енергію.



## 2.7 Раціональне використання енергії

Переробні, обробні та інші галузі промисловості мають потребу у всіх видах енергії. Показником **енергоємності** того чи іншого технологічного процесу є витрати енергії на одиницю отриманої продукції (наприклад, 1 т, 1 м<sup>3</sup>). Цей показник на різних підприємствах різний, навіть якщо це однакова продукція. Дуже енергоємною є продукція чорної, кольорової металургії й електрохімічних підприємств. Незначною енергоємністю характеризуються біохімічні, деякі фізико-хімічні (наприклад, адсорбція, мембранні процеси), хімічні (одержання деяких видів мінеральних добрив) та інші процеси. Наприклад, виробництво 1 т алюмінію вимагає майже 20000 КВт·год. електроенергії, 1 т магнію - 18000 КВт·год., 1 т фосфору в середньому 15000 КВт·год., 1 т аміачної селітри - 10 КВт·год.

Чим менше енергії витрачається на виробництво одиниці продукції, тим менше собівартість продукції і, навпаки, у процесі виробництва металів, фосфору, хлору - це одна з головних статей витрат.

Зменшити енергоємність продукції можна різними шляхами: використанням вторинних енергоресурсів, удосконаленням технологічного устаткування, заміною енергоємних технологічних процесів процесами незначної енергоємності, кращою підготовкою сировини до переробки й т.п.

Використання вторинних енергоресурсів. Продукція, що виходить з реактора, у більшості випадків, нагріта до високої температури. Тепло продукції можна використовувати для попереднього нагрівання сировини, що надійде в той же реактор. Теплообмін між нагрітою продукцією та холодною сировиною відбувається в агрегатах, що називають рекуператорами, регенераторами, теплообмінниками.

**Рекуператором** (від лат. recuperator - той, що одержує назад) називають теплообмінний апарат, у якому обмінюються теплотою продукція та сировина. Обмін теплом відбувається через стінки рекуператора, у якому сировина та

продукція рухаються назустріч. Наприклад, у процесі виробництва сірчаної кислоти: газ  $SO_2$  нагрівають теплотою, що віддає йому в рекуператорі газ  $SO_3$ , що виходить з контактного апарата.

**Регенератором** (від лат. *regenero* - відновлюю) називають теплообмінний апарат, що складається з однієї чи декількох камер, покритих вогнетривною цеглою, для уловлювання та використання теплоти газів, що відходять. Наприклад, у мартенівських печах регенератори служать для нагрівання газового палива та повітря теплотою пічних газів, що направляються до димаря. Спочатку пічні гази нагрівають камеру, яка виложена вогнетривною цеглою, до температури  $1100-1200^{\circ}C$ , а потім холодне повітря та газове паливо нагріваються теплотою, що вони забирають у вогнетривів, і так по черзі. Щоб наблизити періодичний процес до безперервного, потрібно мати два-три регенератора. Теплоту отриманої продукції використовують також для висушування, випару, дистиляції, опалення й інших потреб підприємства.

Вторинні енергетичні ресурси (ВЕР) являють собою величезний резерв підвищення економічності паливно-енергетичного комплексу (ПЕК). По деяких експертних оцінках, їх залучення в паливно-енергетичний баланс країни в 10 разів дешевше, ніж збільшення видобутку природних енергоресурсів.

Виробництво та використання вторинних енергетичних ресурсів у національному господарстві є одним з найважливіших і, мабуть, найефективнішим напрямком енергозбереження.

Зменшити енергоємність технологічних процесів можна заміною їх на каталізні чи інші процеси, для виконання яких потрібно менше витрати енергії, чи застосуванням ультразвуку, магнітного поля, вакууму й т.п. Наприклад, високотемпературний крекінг нафтопродуктів замінили на каталізний.

## Тема 3. Оптимізація технологічних процесів

1. Поняття про оптимізацію
2. Моделювання технологічних процесів

### 3.1 Поняття про оптимізацію

З кожним днем актуальнішими стають економія сировини, палива, енергії, збільшення продуктивності технологічного обладнання, отримання якісної недорогої продукції, охорона довкілля. Досягти цього можна, якщо підтримувати такий технологічний режим (температуру, тиск, час, порядок виконання робіт тощо), який був би найкращим з усіх можливих, тобто оптимальним.

**Оптимізацією** (від лат. *optimus* - найкращий) технологічного процесу називають спрямовану діяльність людини на пошук такого технологічного режиму, за якого буде отримано найкращий результат.

Таким результатом можуть бути найменші витрати сировини, палива, енергії; найбільша кількість вироблюваної продукції; найліпша її якість тощо.

Розглянемо задачу, яка полягає у пошуку оптимальної економічно вигідної послідовності оброблення заготовок на різальних верстатах, за якої час виготовлення деталей буде найменшим.

**Задача.** Нехай є два верстати (токарний і шліфувальний) і дві заготовки, які по чергово переходять від одного верстата до наступного з метою виготовлення з них двох деталей: спочатку заготовку обробляють на токарному верстаті, потім - на шліфувальному. Шліфувати заготовку можна тільки після того, як закінчиться процес точіння.

Для першої заготовки час виконання операції точіння ( $T_1$ ) становить 2 хв., а шліфування ( $Ш_1$ ) - 5 хв.; для другої - відповідно  $T_2$  - 3 хв. і  $Ш_2$  - 6 хв. Виготовлення деталей можна починати з оброблення будь-якої з двох заготовок.

Необхідно знайти оптимальну послідовність оброблення заготовок, за якої

час виготовлення деталей буде найменшим.

**Розв'язання.** Малюємо систему координат. На осі X відкладаємо час оброблення заготівель (рисунок 3.1).

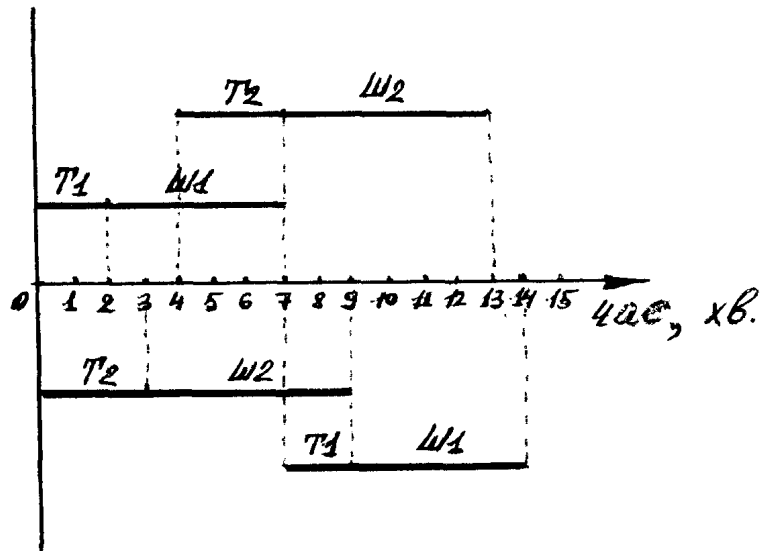


Рисунок 3.1 - Графічне зображення вибору оптимальної послідовності оброблення заготівель

**Варіант 1.** Виготовлення деталей починаємо з оброблення першої заготівлі. У верхній частині системи координат графічно зобразимо час виконання кожної операції ( $T_1$ ,  $\text{Ш}_1$ ,  $T_2$ ,  $\text{Ш}_2$ ). Як бачимо, загальний час виготовлення двох деталей становить 13 хв.

**Варіант 2.** Виготовлення деталей починаємо з оброблення другої заготівлі. Проведемо аналогічне, як у першому варіанті, зображення часу виконання кожної операції ( $T_2$ ,  $\text{Ш}_2$ ,  $T_1$ ,  $\text{Ш}_1$ ) у нижній частині системи координат. У цьому випадку загальний час виготовлення двох деталей становить 14 хв., тобто на 1 хв. перевищує тривалість виготовлення деталей за першим варіантом.

Отже, оптимальною буде та послідовність оброблення заготівель, за якої роботу починають з першої заготівлі, оскільки загальний час виготовлення деталей у цьому разі менший.

Серед відомих методів оптимізації технологічних процесів найчастіше використовують методи математичного програмування (лінійного, нелінійного

та динамічного), методи градієнтів, статистичні методи.

Наприклад, за допомогою лінійного програмування визначають оптимальний склад шихти, потрібної для виготовлення відливків певної якості за мінімальної собівартості складників шихти. Цей самий метод застосовують також для визначення оптимальної кількості виробів, виготовлених на різальних верстатах, для того, щоб прибуток від реалізації був максимальним.

За допомогою нелінійного програмування вибирають оптимальний маршрут перевезення будівельних матеріалів зі складу, який знаходиться на околиці міста, на будівельний майданчик. При цьому враховують профіль і характер покриття дороги, зношення автомобіля, витрати палива, правила дорожнього руху тощо.

Щоб вибрати метод оптимізації, який найкраще підходить для конкретного технологічного процесу, треба знати природу процесу (детермінований – заданий чи стохастичний (від грецьк. - випадковий, імовірний)), характер моделі (графік, рисунок, формула тощо) та мати про нього певну інформацію.

### 3.2 Моделювання технологічних процесів

Для визначення найкращого результату технологічний процес зображують у вигляді певної моделі.

Моделлю називають спрощене зображення досліджуваного об'єкта. У процесі дослідження модель замінює досліджуваний об'єкт, дає нові пізнання про нього. Моделі можуть мати вигляд графіків, рисунків, макетів, пристроїв (механічних, електричних) і формул. Модель завжди наближена до досліджуваного об'єкта. Вона може не враховувати деяких явищ, які відбуваються в об'єкті, і в той самий час успішно використовуватись для визначення дії на нього.

Процес побудови моделі досліджуваного об'єкта називають **моделюванням**. Математична модель складається із системи формул, нерівностей або рівнянь, які з більшою або з меншою точністю описують явища, які відбуваються в об'єкті. У даному випадку досліджуваним об'єктом є

технологічний процес (рисунок 3.2).

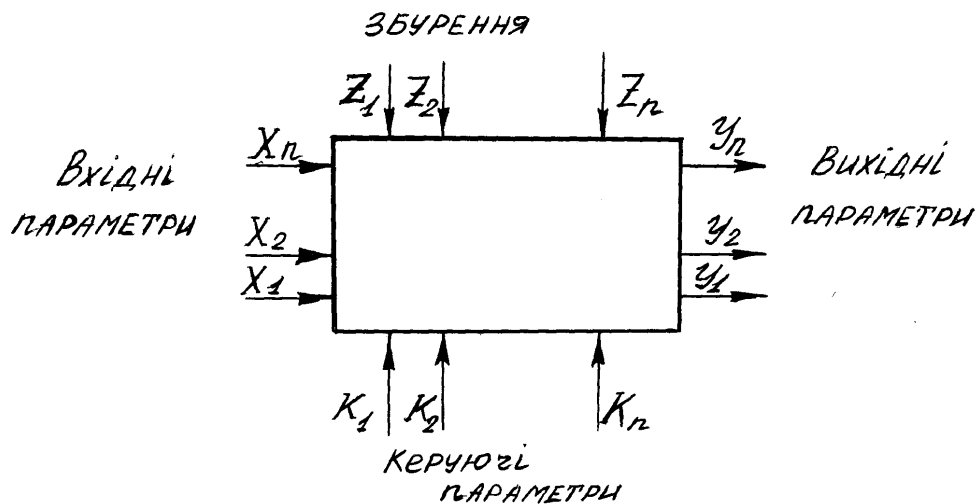


Рисунок 3.2 - Схема технологічного процесу та чинників, які впливають на його хід

Побудова математичної моделі технологічного процесу зводиться до знаходження виду залежності **вихідних параметрів технологічного процесу від параметрів, які впливають на його хід.**

На хід технологічного процесу впливають вхідні параметри, збурення та керуючі параметри.

Вхідними параметрами є склад сировини, необхідний для виготовлення продукції, її кількість і т.п. Позначають їх відповідно  $x_1, x_2, \dots$ , а всі разом  $X$ .

Збуреннями можуть бути домішки, які містяться в сировині, тощо. Їх значення випадково змінюється з часом. Позначають їх відповідно  $z_1, z_2, \dots$ , а всі разом  $Z$ .

Керуючі параметри, до яких належить температура, тиск тощо, позначають  $k_1, k_2, \dots$ , а всі разом  $K$ .

Вихідні параметри - до них належать кількість проміжної чи готової продукції, побічної продукції, якщо вона є, відходів тощо; визначаються станом технологічного процесу, який залежить від вхідних і керуючих параметрів та

збурень. Вихідні параметри позначають відповідно  $y_1, y_2, \dots$ , а всі разом  $Y$ .

Величини вихідних параметрів, до яких належить кількість проміжної чи готової продукції, її склад тощо, залежать саме від вхідних. Залежність між вхідними параметрами технологічного процесу та параметрами, які впливають на його хід, можна описати за допомогою функції виду:

$$Y_i = F_i(X_i, Z_i, K_i) \quad (3.1) \\ i=1 \dots n$$

Для кожного одиничного технологічного процесу, який проходить в окремому апараті чи агрегаті, ця функціональна залежність матиме конкретний вигляд, про це свідчить зміна символу функції  $i$  на  $n$ , що означає набір різних функцій для різних процесів.

## Тема 4. Металургія черних і кольорових металів

1. Способи виробництва металів і сплавів
2. Виробництво залізовуглецевих сплавів
3. Виробництво алюмінію

### 4.1 Способи виробництва металів і сплавів

**Металургією** називають науку про промислові способи одержання металів і сплавів. Металургією називають також промисловість, яка займається виробництвом металів і сплавів з руд та іншої сировини, яка містить метали.

Історія матеріальної культури людства нерозривно зв'язана з використанням металів.

З усіх металів і сплавів на їх основі в даний час найчастіше використовують сталь. Виробництво сталей у 20 разів перевищує загальну кількість отриманих усіх інших металів і сплавів.

Використовують також кольорові метали та сплави на їх основі. Для легування сталей необхідні хром (Cr), нікель (Ni), титан (Ti), ванадій (V) тощо. Сплави алюмінію (Al), титану (Ti), берилію (Be) тощо є основою літако- та ракетобудування, тому їх називають «крилатими» металами. Мідь (Cu) - основний матеріал для електро- та радіотехніки. Сплави на основі міді використовують у машинобудуванні. Знаходять застосування й трудноплавкі метали – молібден (Mo), тантал (Ta), вольфрам (W), ніобій (Nb) і сплави на їх основі. Використовують також і легкоплавкі метали – натрій (Na), калій (K), літій (Li), свинець (Pb), вісмут (Bi), галій (Ga) тощо.

#### **Метали та сплави отримують різними способами:**

1. Пірометалургійний спосіб (від грецьк. піро... - вогонь і металургія) - використовують найчастіше. За цим способом виробництво металів і сплавів ґрунтується на використанні теплової енергії, яка виділяється в процесі згорання



палива або протікання хемічних реакцій у сировині. Під час згорання палива виділяється теплова енергія й утворюється CO. Теплову енергію використовують для розігрівання та розплавлення сировини, а CO - для відновлення металів із їх оксидів. Пірометалургійним способом отримують чавуни у домнових печах, сталі у мартенівських печах тощо.

2. Електрометалургійний спосіб. У процесі електрометалургійного способу метали та сплави отримують у дугових, індукційних та інших типах електричних печей. В електричних печах сировину нагрівають до вищих температур, ніж у ході пірометалургійного способу. Сировина плавиться дуже швидко.

3. Плазмовий спосіб. Суть плазмової металургії полягає у тому, що за температури  $10000^{\circ}\text{C}$  оксиди металу перетворюються на плазму з певним ступенем йонізації. Оскільки енергія йонізації атомів металів менша від енергії йонізації атомів кисню, то в такій плазмі атоми металу йонізуються, а атоми кисню залишаються нейтральними. З отриманої суміші за допомогою магнітного поля вилучають йони металу. У плазмових печах отримують вольфрам, молібден, синтезують карбіди титану тощо. Цей спосіб використовують для отримання дуже якісних металів і сплавів.

4. Хеміко-металургійний спосіб. Цей спосіб поєднує хемічні та металургійні процеси. Таким способом виробляють титан: з титанової руди отримують чотирьоххлористий титан ( $\text{TiCl}_4$ ), який відновлюють за допомогою магнію (Mg).

5. Гідрометалургійний спосіб. За цим способом метали з руд, концентратів і відходів виробництва вилучають за допомогою розчинників. Потім з цих розчинів електролізом отримують метали. Так виробляють і рафінують кольорові метали: мідь, цинк, нікель, кобальт, хром, срібло, золото тощо.

Виробництво металів гідрометалургійним способом складається з таких стадій: підготовки руди до розчинення; розчинення руди або концентрату у розчиннику; очищення отриманого розчину від шкідливих для електролізу домішок; електроліз.

6. Порошкова металургія. Цей спосіб поєднує процеси, унаслідок яких

виготовляють порошки металів і неметалевих сполук, з яких пресуванням (для надання форми та розмірів) із подальшим спіканням виготовляють вироби (заготівлі, деталі тощо).

7. Космічна металургія. Виробництво металів і сплавів у космосі називають космічною металургією. Оскільки у космосі не діють сили тяжіння, то плавлення металів і отримання сплавів проводять без тиглів (від нім. *tiegel* - сковорода, каструля). Під дією сили поверхневого натягу розплав набуває форми кулі й вільно зависає у просторі. Використовуючи електромагнітне поле, розплаву можна надати довільної форми. За умов космосу компоненти сплавів добре перемішуються. У разі невагомості газу добре розчиняються в розплавах, а після кристалізації отримані сплави мають вигляд «губки» з рівномірно розподіленими комірками, заповненими газом. Такі сплави називають металогазами, вони надзвичайно легкі, наприклад сплав, який складається з 87% газу та 13% сталі, плаває на воді як коркове дерево. Металогази дуже перспективні для літако- та ракетобудування, а також для космічної техніки.

Заслуговує на увагу також технологія отримання композиційних волокнистих матеріалів і виробів литтям. За земних умов отримати якісні вироби з цих матеріалів неможливо.

Великі можливості відкриває космічна металургія для отримання надчистих сплавів з рівномірним (наперед заданим) розподілом домішок, що важливо в процесі виробництва напівпровідникових матеріалів. Отримані напівпровідникові матеріали можуть бути використані також у процесі розв'язання проблеми енергетики.

Окрім описаних способів отримання металів і сплавів існує також електропроменевий спосіб та інші.

#### 4.2 Виробництво залізовуглецевих сплавів

Досягнення науки й техніки, розвиток усіх галузей промисловості

безпосередньо зв'язані з отриманням і використанням сплавів на основі заліза - чавунів і сталей. Основними споживачами цих металів є машинобудування, транспорт, будівництво. Ці галузі використовують майже 90% виплавлених чавунів і сталей.

**Чавунами та сталями** називають сплави заліза з вуглецем, що містять домішки (фосфор (P), сірку (S), марганець (Mn), кремній (Si) і т.п.). Чавуни містять більше вуглецю (2,0-4,3%) і домішок, сталі - менше (до 2,0% вуглецю). Відрізняються і їх властивості. Чавуни тверді, крихкі, погано зварюються, але мають добрі ливарні властивості. Чавуни порівняно із сталями - дешевші. Сталі, навпаки, мають велику міцність, пластичність, добре зварюються. Вони мають добрі технологічні властивості; вироби з них виготовляють тиском, різанням, литтям.

Чавуни отримують із залізних руд, сталі - із чавунів. Отже перехід від руди до сталі відбувається у два етапи, спочатку варять чавун, а потім із чавуну варять сталь. Схематично перехід від руди до сталі виглядає так, як подано на рисунку 4.1.

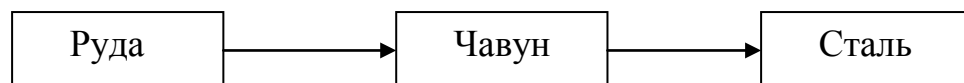


Рисунок 4.1 - Схема процесу переходу від руди до сталі

За цією схемою у світі виробляється більш 90% сталі.

Ще донедавна це була єдина схема переходу від руди до сталі. З неї випливає, що для збільшення сталі, потрібної для промисловостей, необхідно збільшити обсяг чавуну, а збільшення кількості чавуну відповідно спричинить збільшення видобування руди, палива, флюсу, споживання електроенергії. Окрім збільшення матеріальних витрат це призведе до руйнування та забруднення відходами великих ділянок родючої землі, забруднення води, повітря та зайвих витрат. Життя людей у таких районах стає нестерпним, якщо не застосувати

очисні споруди.

Металургійне виробництво включає наступні комбінати, заводи та цехи:

- шахти та кар'ри по видобутку коксівних вугіль і залізних руд;
- гірничо-збагачувальні комбінати (ГЗК), на яких руда подрібнюється та збагачується;
- аглофабрики, на яких пилоподібна руда після збагачення проходить агломерацію чи грудкування;
- домневі цехи, у яких руда та кокс використовуються для одержання передільного чавуна, близько 85% якого в рідкому виді надходить у сталеплавильні цехи, а інше - на машинобудівні заводи у виді паць (чушек);
- сталеплавильні цехи, що мають мартенівські і (чи) дугові печі, і (чи) конвертери. У сталеплавильному цеху сталь розливають у ізложниці, одержуючи злитки, чи на машинах безупинного лиття заготівель (МБЛЗ), одержуючи блюми та сляби (заготівлі для сортового та листовою прокату);
- прокатні цехи, у яких зі злитків, блюмів і слябів одержують прокатну продукцію (куточки, прутки, труби, лист).

Відповідно до процесів одержання й обробки металу в чорній металургії розрізняють 4 переділи. Перший переділ - це виробництво чавуна, другий - сталі, третій - прокату, четвертий - додаткова обробка прокату (термічне зміцнення, нанесення захисних і декоративних покриттів і ін.)

У залежності від числа переділів розрізняють: - інтегровані заводи (комбінати), що мають усі 4 переділи; - неінтегровані заводи, що мають сталеплавильне виробництво, прокатку та цехи по обробці прокату; - міні-заводи, що мають 1-2 могутні електродугові печі, МБЛЗ обмеженої номенклатури та прокатне виробництво. Прикладом інтегрованого підприємства може служити металургійний комбінат «Запоріжсталь», що має всі 4 переділи; прикладом неінтегрованого - завод «Днепрспецсталь», що має електросталеплавильне та прокатне виробництво.

**Вихідними матеріалами** для одержання чавуна та сталі є руди чорних

металів, паливо, флюси, а також вогнетриви, застосовувані для футеровки плавильних агрегатів.

До **залізних руд** відносять червоний (основа -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), бурий ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), магнітний ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) і шпатовий ( $\text{FeCO}_3$ ) залізняка. Залізні руди, наприклад, Кривого Рогу містять 50-65% заліза (у виді оксидів), 8-22% кремнезему, 0,2-3,2% глинозему, 0,003-0,030% фосфору, 0,01-0,15% сірки та деякі інші домішки. З метою відділення корисних мінералів від порожньої породи залізні руди збагачують: їх подрібнюють до порошкоподібного стану та піддають магнітному збагаченню. Руду також піддають агломерації чи грудкуванню.

**Як паливо** в металургії використовують кокс, мазут, природний, домневий (колошніковий) і коксовий газ, пилоподібне кам'яне вугілля.

Кокс - кускове, міцне та високопорісте паливо - одержують шляхом спікання (сухої перегонки) без доступу повітря при температурі 1200-1400°C коксівних вугілля. Окрім вуглецю кокс містить 9-13% золи й до 2% сірки. Кокс - дороге та дефіцитне паливо. Запаси коксівних вугілля обмежені. Вартість коксу складає 45-55% від вартості чавуна.

Домневий газ - низькокалорійне паливо - використовується після очищення для нагрівання повітря, подаваного в домневу піч.

Останнім часом при домневій плавці частину коксу замінюють природним, коксовим газом, мазутом чи пилоподібним паливом (меленим кам'яним вугіллям).

**Флюсами** називають матеріали, що утворюють при плавці шлаки - легкоплавкі з'єднання з порожньою породою руди (не удається видалити всю порожню породу в процесі збагачення), золою палива й іншими неметалевими включеннями (сіркою, фосфором і ін.). Частіше за все як флюс використовують кварцовий пісок, що складається в основному з оксиду кремнію ( $\text{SiO}_2$ ), вапняка ( $\text{CaCO}_3$ ), вапна ( $\text{CaO}$ ) й ін.

**Вогнетривні матеріали** застосовують для внутрішнього облицювання (футеровки) плавильних і термічних печей, наприклад, динасова цегла та

кварцовий пісок, що складаються в основному з кремнезему й ін.

Перший переділ - виробництво чавуна.

Домневий процес. Домнева піч (рисунок 4.2) являє собою шахтну піч безупинної дії, що працює без зупинки 5-10 років.

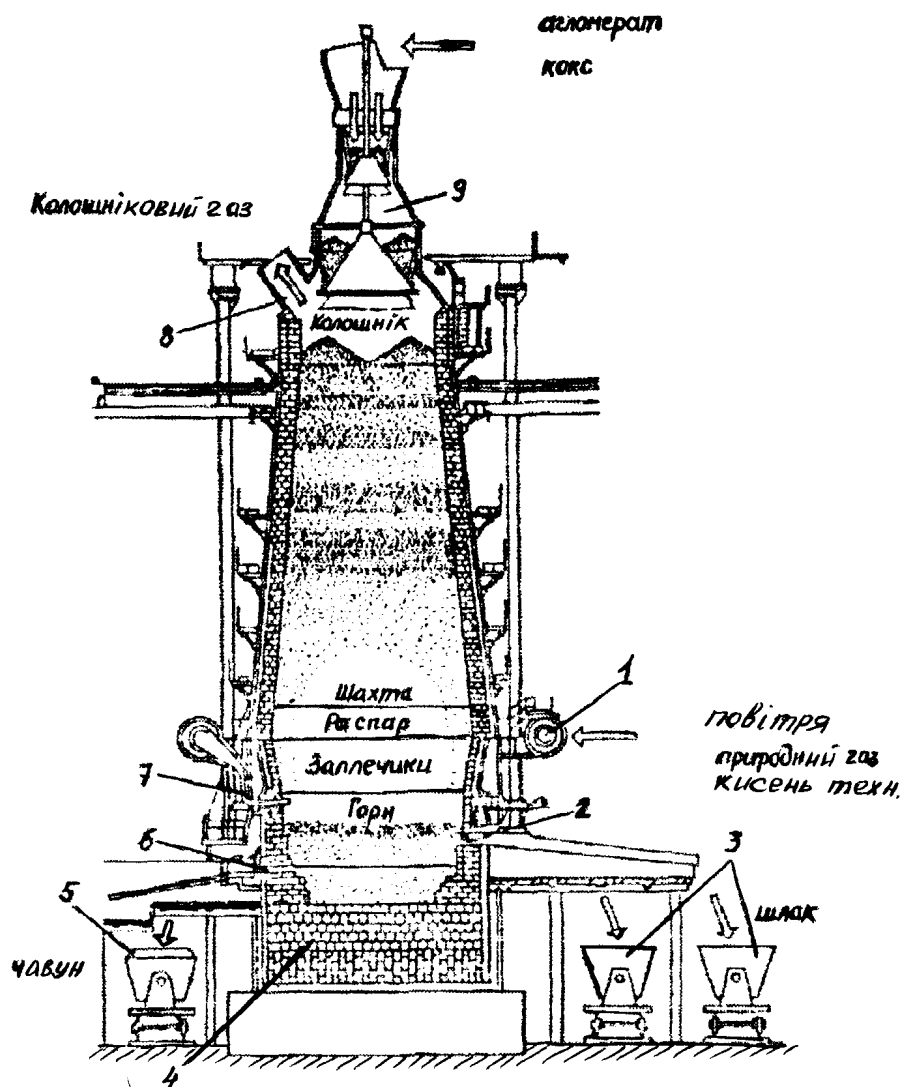


Рисунок 4.2 - Схема домневої печі:

- 1 - воздухопровод дугтя; 2 - жужільна лютка; 3 - шлаковоз; 4 - подина;
- 5 - чавуновоз; 6 - лютка для чавуна; 7 - фурма для подачі дугтя в піч;
- 8 - газохід; 9 - засипний пристрій

Піч працює за принципом противотока: шихтові матеріали (офлюсований агломерат чи окатиші й кокс) рухаються зверху вниз, а назустріч їм піднімається

потік гарячих газів - продуктів згорання палива (коксу, вугільного пилу, природного газу). При цьому протікають наступні процеси: горіння палива з утворенням монооксида вуглецю (CO), відновлення та одержання залізовуглецевого сплаву (утворення  $Fe_3C$ ).

Вуглець знижує температуру плавлення залізовуглецевого сплаву, останній, опускаючись в нижню частину печі, починає плавитися, насичуватися вуглецем і іншими елементами, відновлюваними з руди: марганцем, кремнієм, сіркою, фосфором - у результаті утворюється чавун, що накопичується в горні печі.

Одночасно з чавуном у нижній частині печі збирається та розташовується над чавуном шлак - сплав порожньої породи, флюсів, золи палива, а також частини оксидів, що невідновилися. У міру нагромадження чавун випускають з печі через 3-4 години, шлак - через 1,0-1,5 години відповідно через чавунну та шлакову льотки.

Основними продуктами домневого виробництва є:

- передільний чавун, використовуваний у рідкому виді для переділу в сталь у мартенівських печах, кисневих конвертерах і електродугових печах;
- ливарний чавун, що відливається в злитки (паці) масою до 50 кг і використовується для вторинної плавки на машинобудівних заводах;
- домневий феросіліцій (2-3% вуглеця, 9-13% кремнію, інше - залізо) - феросплав для легування та розкислення сталі;
- домневий феромарганець (6-7% вуглеця, 70-75% марганцю, інше - залізо) - феросплав для легування та розкислення сталі;
- шлак, використовуваний для виробництва шлаковати, шлакоблоків, цементу, дорожніх покриттів;
- домневий (колошніковий) газ, що містить  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$  і ін. й використовується як паливо для повітрянагрівачів.

Головною перевагою домневого процесу є безперервність роботи, простота конструкції і найвища продуктивність (сучасна домнева піч з корисним обсягом  $5000\text{ м}^3$  робить 2 тис. тонн чавуна на добу).

До числа основних недоліків домневої печі варто віднести необхідність застосування як джерела тепла та відновлювача коксу. Виробництво коксу зв'язано з використанням дефіцитних коксівних вугіль, із забрудненням навколишнього середовища оксидами вуглецю, сірки й азоту, а також іншими токсичними та канцерогенними з'єднаннями (бензолом, фенолом, бенз- $\alpha$ -піреном і ін.). У цілому, у порівнянні з іншими переділами домневий процес супроводжується найбільш токсичними викидами.

З метою зниження витрати коксу застосовується подача в домневу піч кисню, природного газу, мазуту та пилоподібного кам'яного вугілля роздільно чи в різних сполученнях. При цьому використання пилоподібного палива розглядається як одне з найважливіших і перспективних напрямків розвитку й удосконалювання домневого процесу.

Другий переділ - виробництво сталі.

У сучасній металургії основними матеріалами для виробництва сталі служать передільний чавун і сталевий брухт (скрап). Суть переділу чавуна в сталь полягає в окислюванні й видаленні в шлак чи у газову атмосферу домішок. У якості окислювачів використовують залізну руду, ковальську окалину та технічний кисень. Залізна руда відновлюється залізом до FeO і в такому виді добре розчиняється у шлаку й у металі, у свою чергу окисляючи вуглець, марганець і кремній. Для видалення з металу фосфору та сірки використовують спеціальні реакції дефосфорації і десульфурації.

При виплавці легованих сталей у різні періоди плавки у сталеплавильну піч сідають легуючі феросплави й елементи: феромарганець, феросіліцій, феромолібден, електролітичний нікель, металевий титан і ін.

При виробництві сталі з чавуна використовують наступні методи:

1. Мартенівський процес, що полягає у розплавлюванні шихти, зниженні в неї змісту вуглецю, марганцю, кремнію, сірки, фосфору, у присадке відсутніх елементів (легуванні). Процес буває двох різновидів: скрап-процес і скрап-рудний процес. У першому випадку шихта складається зі сталевого брухту (60-



70%) і твердого чушкового чавуна (30-40%). Цей процес застосовується на заводах, що не мають домневого виробництва і, відповідно, рідкого чавуна. При скрап-рудному процесі шихта, як правило, складається з рідкого чавуна (50-80%), скрапу і залізної руди, використовуваної як окислювач. При обох схемах, окрім руди, як окислювач часто використовують кисень, що вводиться як для збагачення повітря, так і для прямого окислювання домішок.

Для шлакоутворення, окрім залізної руди й окалини в піч вводять вапняк, вапно, бій шамотної цегли й ін. флюси.

Основними недоліками мартенівського процесу є велика тривалість плавки та значна витрата палива. З цих причин технічно розвинуті країни (США, Німеччина, Японія й ін.) уже кілька десятиліть не застосовують мартенівських печей у сталеплавильному виробництві.

2. Киснево-конвертерний процес полягає в продувці рідкого чавуна технічно чистим (99,5%) киснем. У промислових масштабах киснево-конвертерний переділ уперше почали застосовувати у 1950-і роки на заводах у Лінце й Донавіце (Австрія), за кордоном він одержав назву ЛД-процесса. Техніко-економічні переваги киснево-конвертерного процесу дозволили йому потіснити мартенівський процес і стати основним способом виробництва сталі. До середині 1970-их років на його частку приходилося більш половини світової виплавки сталі (близько 350 млн. тонн).

Кисневий конвертер являє собою судину грушоподібної форми місткістю 130-350 тонн рідкого чавуна. Основні технологічні операції одержання сталі в кисневому конвертері (ЛД-процесс) показані на рисунку 4.3.

Тривалість плавки в кисневих конвертерах ємністю 130-350 тонн складає 25-50 хвилин. Продувка киснем зверху має ряд недоліків: частина кисню відбивається від поверхні металу й шлаку та губиться; у зоні кисневого струменя розвивається висока температура (2000-2500°C) і відбувається інтенсивний випар заліза, що ускладнює очищення газів, що відходять.

Ці недоліки дозволяють усунути способи подачі кисню з комбінованою

продувкою: зверху, бічний і через днище. Це забезпечує більш високий ступінь рафінування сталі по фосфору, сірці, кисню, азоту, водню.

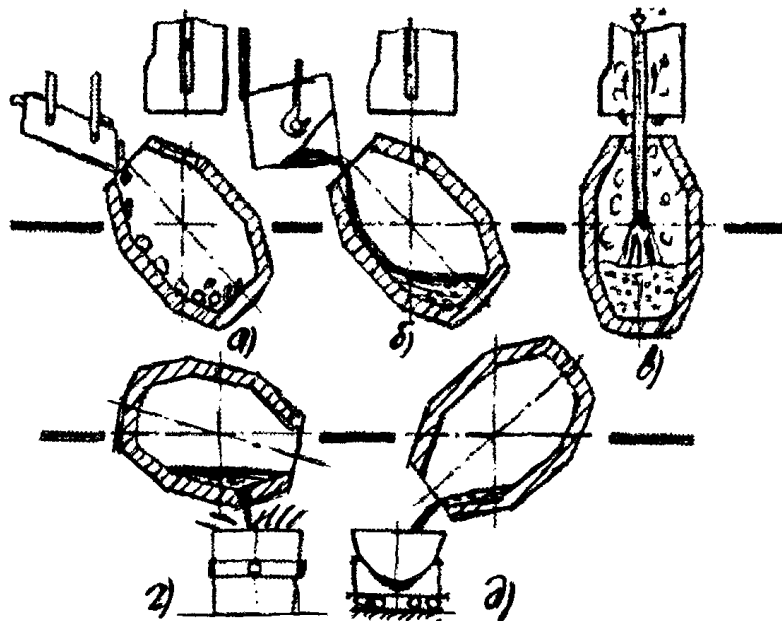


Рисунок 4.3 - Послідовність технологічних операцій при виплавці сталі у кисневому конвертері:

- а - завантаження сталевих брухту та вогна; б - заливання рідкого чавуна;  
в - продувка киснем зверху; г - випуск сталі; д - зливання шлаку

Основним недоліком киснево-конвертерного переділу є труднощі одержання високолегованих сталей відповідного призначення через швидкоплинність процесу й окисну атмосферу у конвертері.

3. Електросталеплавильний процес являє собою більш досконалий метод виплавки, чим мартенівський і киснево-конвертерний способи. У електродуговій печі можна легко регулювати тепловий процес, змінюючи параметри струму; можна створювати окисну, нейтральну та відбудовну атмосферу чи вакуум; можна легко одержувати високолеговані сталі з мінімальними втратами легуючих елементів. Сталь, отримана в електродугових печах, містить мінімальні кількості сірки, фосфору, газів, неметалевих включень. По якості

вона перевершує мартенівську та киснево-конвертерну сталь. Тому в електродугових печах одержують, у першу чергу, відповідальні високоякісні сталі (високоміцні, корозійностійкі, жароміцні, інструментальні й ін.).

Принципова схема пристрою електродугової печі показана на рисунку 4.4.

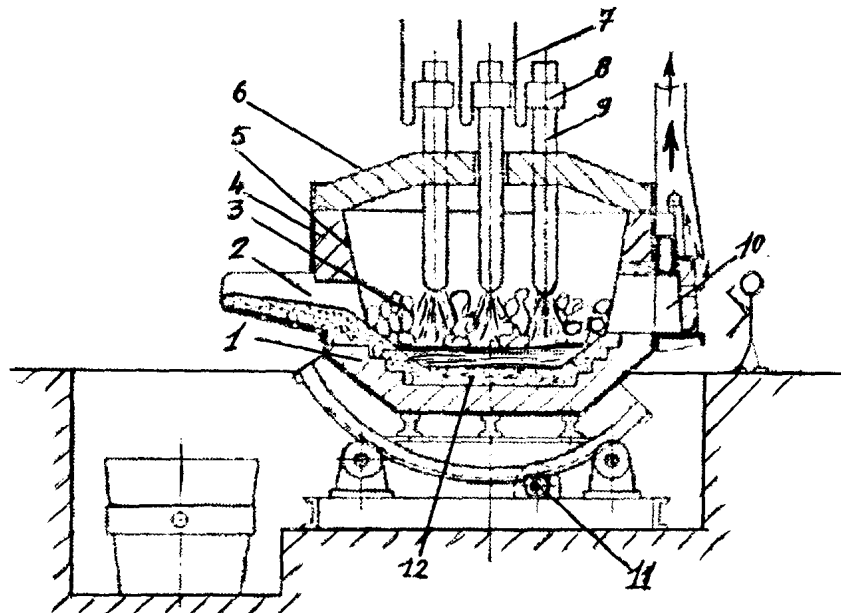


Рисунок 4.4 - Схема електродугової печі

Через трансформатор до електродів (9) за допомогою гнучких кабелів (7) підводиться змінний струм напругою 100-200 В для печей ємністю до 12 тонн і 400-600 В - для печей ємністю 200 і більш тонн; сила струму досягає десятків тисяч ампер. Шихту (3) завантажують на подину печі (12). Завантаження феросплавів, шлакообразуючих, узяття проб металу та шлаку здійснюється через робоче вікно (10) у стінці корпусу. Печі спирається секторами днища на ролики (11) і має привід для нахилу убік робочого вікна (10) (випуск шлаку самопливом) чи жолоба (2) (випуск сталі з печі). Основну масу шихти складає сталевий скрап (до 90%), інше - передільний чавун у рідкому чи твердому виді (окрім залізовмісної шихти використовують феросплави, зміст яких може досягати 50% від загальної маси металеві шихти).

У порівнянні з кисневим конвертером електродугова піч (ЕДП) уступає по продуктивності, але забезпечує більш високу якість сталі. В даний час у світі біля третини сталі виробляється в ЕДП. При цьому за останні 25-30 років ЕДП з агрегату з малою потужністю та низькою продуктивністю, призначеного головним чином для виплавки спецсталей, перетворилася у високопродуктивний агрегат (тривалість плавки у 200 т ЕДП досягає 50-70 хвилин), у якому можна одержувати сталь будь-якої марки. Тривалість плавки в кисневому конвертері й дугової печі практично зрівнялася.

Розливання сталі. З плавильної печі сталь випускається в стопорний ківш чи спочатку в установку для внепечної обробки (рафінування), а потім у стопорний ківш. Останній призначений для порціонного розливання сталі, для чого має у своєму днищі отвір, що закривається і відкривається за допомогою стопорного пристрою. У ківш звичайно випускають усю плавку, найбільш великі ковші мають місткість до 400 тонн. За допомогою мостового крану сталь у ковшах транспортується до місця розливання.

Існують два методи розливання сталі: у ізложниці (чавунні форми) для одержання злитків і на машинах безупинного лиття заготівель (МБЛЗ) для одержання напівфабрикатів (блюмів і слябів) для прокатки.

Затвердіння рідкої сталі у ізложниці відбувається протягом тривалого часу. При цьому відповідно до законів кристалізації структура злитка неоднорідна (рисунок 4.5 (а)).

У верхній частині злитка (у «прибутку») унаслідок зменшення обсягу при кристалізації утворюється усадочна раковина. Тому прибуткова частина злитка відрізається й надходить на повторний переплав.

Таким чином, розливання сталі в ізложниці характеризується двома основними недоліками: значними (15-20%) втратами металу та неоднорідною структурою злитка.



а) б)

Рисунок 4.5 - Макроструктура злитка відлитого:

а - у ізложниці; б - методом безупинного лиття заготівель

Цих недоліків позбавлений другий спосіб розливання - безупинний, на МБЛЗ. Існують різні типи МБЛЗ: вертикальний, радіальний, криволінійний, горизонтальний. На рисунку 4.6 зображена машина радіального типу. Зі стопорного ковша (1) сталь надходить у проміжний (постійно наповнений) ківш (2), а з нього - у мідний водоохолоджуваній кристалізатор (3). Завдяки швидкому охолодженню та спрямованій кристалізації у злитку не розвиваються дефекти усадочного походження й тому відсутні втрати рідкого металу на прибуток. Тому вироби (лист, сортовий прокат), отримані з безупиннолітої заготівлі мають кращу макроструктуру (рисунок 4.5 (б)), а отже, і властивості, чим зі звичайного злитка.

Методи спеціальної електрOMETалургії - засновані на процесах рафінування при повторному переплаву сталі на спеціальних установках. При цьому зважаються дві задачі: 1) досягнення більш високого ступеня рафінування (очищення від домішок); 2) одержання злитка з меншими дефектами, чим при його виливці в ізложницю та на МБЛЗ. У результаті одержують високоякісні спеціальні сплави відповідального призначення.

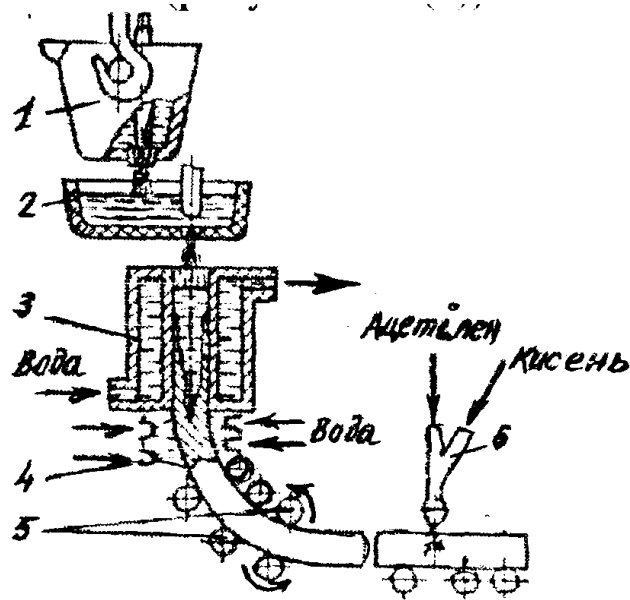


Рисунок 4.6 - Схема безупинного розливання сталі

У спецеелектрометалургії знайшли застосування 4 переплавних процеси: - вакуумно-дуговий; - електрошлаковий; - електронно-променевий і - плазмово-дуговий. Загальним для всіх цих процесів є краплинний характер плавлення та спрямована (знизу нагору) кристалізація металу у водоохолоджуваних ізложницях (кристалізаторах). Краплинний масоперенос металу з електрода, що витрачається, на злиток забезпечує глибоке рафінування, а послідовна прискорена кристалізація - одержання щільної, без усадочних дефектів структури.

### Пряме одержання заліза з руди

Головними недоліками загальноприйнятої схеми виробництва сталі є: двухстадійність процесу (руда→чавун→сталь), необхідність спеціальної підготовки шихти для домневої печі (здрібнювання, збагачення й грудкування руди, одержання коксу), дефіцит і висока вартість коксівних вугілля, забруднення сталі сіркою з коксу, шкідливі екологічні викиди коксохімічних заводів, аглофабрик і домневих печей. Тому металургами багатьох країн неодноразово починалися спроби усунути частково чи повністю зазначених недоліків. У світі практикують впровадження в дію способи переходу від руди до сталі, що виключають

виробництво чавуна. Такий спосіб називають прямим (безчавунним) виробництвом сталі. Схематично він представлений на рисунку 4.7.

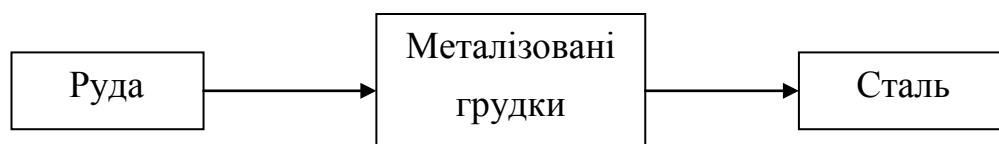


Рисунок 4.7 - Схема безчавунного виробництва сталі

З руди отримують грудки, в яких залізо відновлюють із сполук за допомогою CO, а потім із цих грудок у сталеварних агрегатах варять сталь.

Роботи над удосконаленням процесу продовжуються.

Третій переділ - прокатка сталі.

Отримана в сталеплавильних цехах у виді злитків (розливання в ізложниці) чи у виді литих блюмів і слябів (розливання на МБЛЗ) сталь піддається прокатці з метою одержання готової продукції (рейок, прутків, труб, листів і ін.).

Розрізняють два основних типи прокатного виробництва: 1) для випуску листового прокату шляхом почергової прокатки на реверсивному стані (рисунок 4.8 (а)) чи на безупинному широкополосному стані (рисунок 4.8 (б)); 2) для випуску сортової продукції (рейки, куточки, швелери й т.д) шляхом багаторазової прокатки на сортових станах. Окрім зазначених видів прокату одержують труби, дріт, а також фасонний прокат (колеса, кулі, вали й ін.).

В даний час в Україні 11-12% сталі виробляється в електродугових печах, близько 40-45% у кисневих конвертерах, інше - у мартеновських печах; у США, Японії, Німеччині - 30-40% в електропечах, інше - у кисневих конвертерах, причому частка електросталі має тенденцію до росту. Тенденції, що просліджуються у цих країнах не випадкові: кисневий конвертер економічніший та й більш продуктивний, чим мартени, при рівної чи навіть більш високій якості сталі.

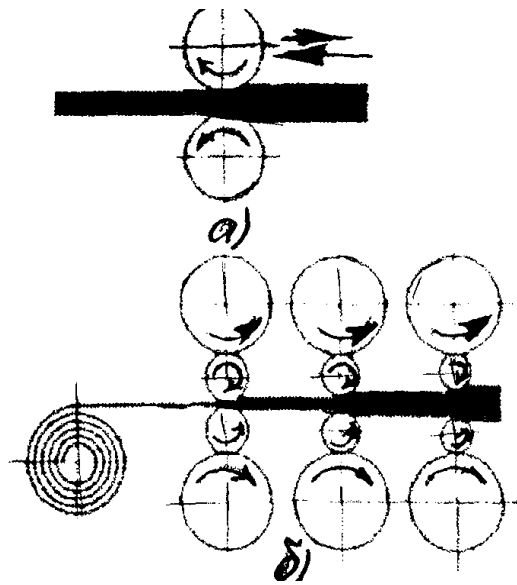


Рисунок 4.8 - Схеми прокатки листа:

- а - на толстолистовому реверсивному стані;
- б - на широкополосному безупинному стані

Окрім того, застосування МБЛЗ дозволяє підвищити коефіцієнт використання рідкого металу з 80-85% до 95-97%, при цьому різко зростає якість прокатних заготівель і відпадають витрати на ізложниці, витрата яких складає 15-20 кг на 1 тонну злитків. Резерви та можливості безупинного розливання в Україні використовуються вкрай недостатньо.

Прогресивним напрямком розвитку прокатного виробництва є будівництво високопродуктивних листопрокатних станів з наступним виготовленням з листа гнутих профілів, більш економічних, чим сортовий прокат.

В останні десятиліття показано, що застосування термомеханічної обробки, регульованої і контрольованої прокаток дозволяє в 1,5-2,0 рази підвищити міцність сталі та відповідно знизити масу труб, арматури й ін. виробів, одержуваних методом прокатки.

#### 4.3 Виробництво алюмінію

Кольорові метали та сплави на їх основі використовують у всіх галузях



промисловості. Особливо зросла їх роль із розвитком електро- та радіотехніки, космічного й атомного машинобудування, радіоелектроніки. Використання кольорових металів зумовлене їх особливими властивостями: великими електро- та теплопровідністю, корозієстійкістю, жароміцністю тощо. Окрім того, вони легко вступають у взаємодію між собою та із залізом. Більшість з них дорогі, й тому в разі можливості їх замінюють на сплави чорних металів. Найширше використовують мідь, алюміній, цинк, свинець, олово, нікель, титан, магній тощо.

Технології отримання кольорових металів істотно відрізняються від технології отримання чавуна та сталі.

**Чистий алюміній** - це метал сріблясто-білого кольору, малої густини (2700 кг/м<sup>3</sup>), низької температури плавлення (660°C), має велику тепло-, електропровідність та корозієстійкість в агресивних середовищах. За електропровідністю алюміній посідає 4-те місце після срібла (Ag), міді (Cu), золота (Au).

У природі алюміній зустрічається у вигляді сполук. Алюміній надзвичайно активний відносно кисню. Саме тому його використовують для розкиснення сталі. За кількістю отримання та використання алюміній і сплави на його основі посідають друге місце після сталі. Швидкий розвиток виробництва алюмінію зумовлений його чудовими властивостями: великою міцністю, малою густиною, великою пластичністю (з нього можна зробити фольгу товщиною 3 мкм, витягнути в тонкий, як павутинка дріт); він добре з'єднується з різними конструкційними матеріалами зварюванням, паянням, має велику корозієстійкість. Усе це та великі запаси сировини у земній корі роблять алюміній перспективним для виробництва. Алюміній і сплави на його основі використовують в електротехніці, будівництві, хімічному та харчовому машинобудуванні, літакобудуванні та космічній техніці.

У світі виробництво алюмінію зростає швидкими темпами. Це зумовлено тим, що вчені знайшли його сплавам нові сфери застосування - у майбутньому

ними заміняють сталі.

**Сировина.** Алюміній виробляють із бокситів, нефелінів, алунітів тощо.

Основною сировиною є боксити, які складаються з 50-60% глинозему, 1-5% кремнезему, 2-25% оксиду заліза, 2-4% оксиду титану, 10-30% води. У цьому мінералі алюміній міститься у вигляді сполук  $Al(OH)_3$ ,  $AlO(OH)$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ . Якість бокситів визначається змістом в них оксиду алюмінію та кремнезему. Якісні боксити містять 50-60% оксиду алюмінію та не більше 0,2%  $SiO_2$  і 0,4%  $Fe_2O_3$ .

Алюміній виробляють у два заходи: спочатку отримують із бокситів глинозем, а потім з глинозему алюміній.

**Способи отримання глинозему.** Глинозем отримують електротермічними, кислотними та лужними способами.

1. Електротермічні способи. Суть їх полягає у відновленні в електропечі сполук алюмінію, які містяться у мінералі. Отриманий таким чином глинозем непридатний для вироблення алюмінію. Його використовують для виготовлення шліфувальних кругів та інших абразивних виробів.

2. Кислотні способи. При цих способах алюмінієві мінерали обробляють соляною або сірчаною кислотою. У процесі взаємодії утворюються солі, наприклад, хлористий алюміній у випадку взаємодії алюмінієвих мінералів із соляною кислотою. Домішки (оксид кальцію та ін.) у більшості випадків із кислотами не взаємодіють. Оксиди заліза взаємодіють із кислотами та забруднюють розчини. Окрім того, для виготовлення обладнання потрібна кислотостійка сталь, а це додатково збільшує витрати на виробництво глинозему. Тому кислотні способи виробництва глинозему використовують дуже рідко.

3. Лужні способи. Це економічно вигідніші способи, оскільки мінерали обробляють лугами, а обладнання виготовляють із дешевих вуглецевих сталей і чавунів. Існує два способи: 1) спосіб спікання та 2) спосіб Байера. На даний час близько 95% світового глинозему виробляють із бокситів за способом Байера,

оскільки він дешевший ніж спосіб спікання.

Технологічна система виробництва алюмінію складається з чотирьох самостійних підсистем: виробництво глинозему, криоліту, електродної маси та алюмінію з глинозему. Тобто, окрім мінералів, які містять алюміній, треба мати ще й плавиковий шпат для отримання криоліту та інших фтористих солей, необхідних для виробництва алюмінію. Потрібні чисті вуглецеві матеріали для виготовлення аноду та інших складових частин електролізної ванни, без яких неможливо отримати алюміній.

Схему технологічної системи виробництва алюмінію за способом Байєра можна подати у вигляді 8-ми елементів, структурними складовими яких є обладнання та технологічні процеси, які відбуваються у ньому або за його допомогою (рисунок 4.9).

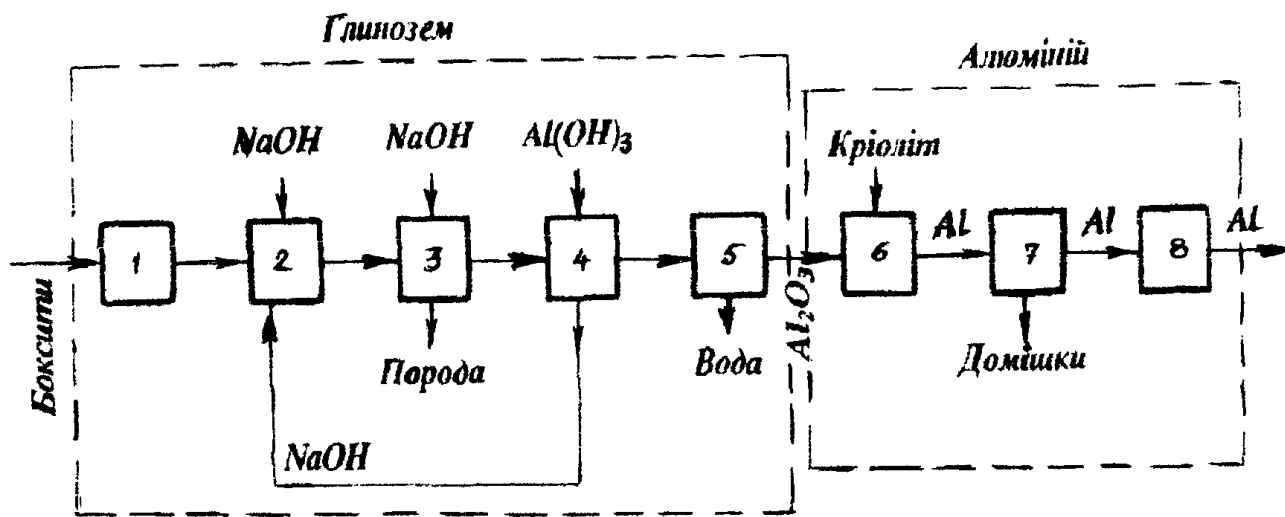


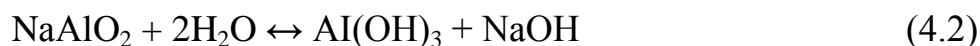
Рисунок 4.9 - Схема технологічної системи виробництва алюмінію за способом Байєра

1. Виробництво глинозему. Боксити сушать у печах (1), мелють у кульових млинах (2) із додаванням лугу (NaOH). Після розмелення до бокситів додають концентрований розчин лугу (NaOH) для перетворення гідрату оксиду алюмінію в алюмінат натрію. Це відбувається в автоклавах (від авто... і лат. clavis - ключ)

(3) за температури 105-250°C. Нагрівають і перемішують пульпу за допомогою пари, яку подають під тиском через сопло в днищі автоклава. У процесі взаємодії гідрату оксиду алюмінію з лугом утворюється алюмінат натрію (NaAlO<sub>2</sub>):



Алюмінат натрію розчиняється у воді, а домішки (Д) та порода (П) випадають в осад. Їх відфільтровують. Чим більше кремнезему міститься в бокситах, тим більше лугу треба для очищення розчину. Профільтрований розчин алюмінату натрію подають до випарника (4). Температуру розчину знижують до 45°C. Протягом 50-70 год. розчин перемішують. За цих умов утворюються кристали гідроксиду алюмінію (Al(OH)<sub>3</sub>) і розчин лугу (NaOH):



Щоб прискорити процес розпаду алюмінату натрію до розчину додають дрібні кристали Al(OH)<sub>3</sub>, які виконують роль центрів кристалізації, навколо яких ростуть кристали. Отримані великі кристали Al(OH)<sub>3</sub> після промивання передають до наступного елемента (5). Луг очищають і подають до кулькових млинів для мокрого розмелювання бокситів.

Наступним елементом системи є трубова обертова піч або піч із «псевдокиплячим шаром», у якій кальцинується гідрат оксиду алюмінію (8) для отримання оксиду алюмінію - глинозему. Кальцинацію проводять за температури 1200°C:



Отриманий глинозем (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) містить домішки F<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> тощо. Для виробництва 1 т глинозему необхідно розмолоти 2,0-2,5 т бокситів, витратити

70-90 кг NaOH, 7-9 т водяної пари, 160-180 кг мазуту (у перерахунку на умовне паливо) і близько 280 КВт·год. електроенергії.

2. Виробництво алюмінію з глинозему. Глинозем - це стійка хімічна сполука з температурою плавлення 2050°C, кипіння - 2980°C. Відновлювати алюміній з його оксиду вуглецем не можна, оскільки цей процес закінчується утворенням карбіду алюмінію ( $Al_3C_4$ ).

Не можна отримати алюміній електролізом водного розчину солей, оскільки на катоді виділяється лише водень.

Алюміній отримують електролізом глинозему, розчиненого в розплавленому кріоліті ( $Na_3AlF_6$ ). Сюди ж додають  $AlF_3$  і  $NaF$ . Процес відбувається в електролізері (6), схему якого подано на рисунку 4.10.

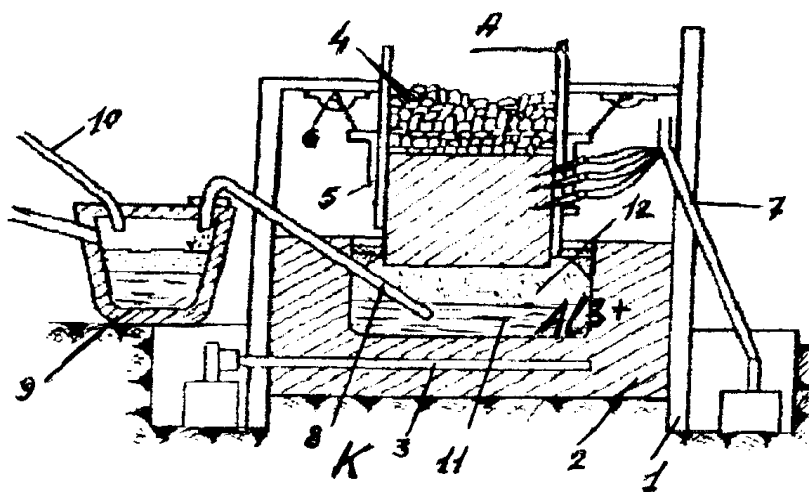


Рисунок 4.10 – Схема електролізера

Ванна електролізера окута сталлю (1), у середині викладена вуглецевими блоками (2). До піддона ванни за допомогою мідних шин (3) підведено електричний струм. Отже, вуглецевий піддон служить катодом. Анод виготовлений із вуглецевої маси (4). Нижня частина анода занурена в електроліт (12). У процесі електролізу анод згорає в атмосфері кисню та його нарощують сумішшю, яка складається з нафтового або смоляного коксу та кам'яновугільної

смоли. У верхніх шарах анодної суміші температура становить 100-140°C, а у нижніх - 360°C. За допомогою сталевих штирів (7) до анода підведено струм. Напруга на електродах становить 4,0-4,5 В.

Перед початком процесу ванну прогривають і поступово завантажують кріоліт. Коли товщина шару розплавленого кріоліту досягне 200-300 мм, у ванну засипають глинозем (10-15% маси кріоліту). Під час проходження струму між анодом і катодом розплав нагрівається до температури 950-1000°C.

Кріоліт і глинозем дисоціюють: на катоді розряджаються йони  $Al^{3+}$  й утворюється алюміній, а на аноді - йони  $O^{2-}$ , які окиснюють вуглець аноду до CO і  $CO_2$ . Газові продукти реакції за допомогою вентиляції виводять з ванни.

На дні ванни збирається розплавлений алюміній (11), який періодично випомповують трубкою (8) до вакуумного ковша (9), під'єданого до вакуумної помпи за допомогою трубки (10). Ванна працює безперервно протягом 2-3 років.

Для виробництва 1 т алюмінію необхідно витратити 2 т глинозему, 0,7 т анодної суміші, 0,1 т кріоліту та 16-18 МВт·год. електроенергії. Витрати на електроенергію становлять 30% собівартості алюмінію, 50% - припадає на сировину. Отже, щоб зменшити собівартість алюмінію, потрібно раціонально використовувати сировину та електроенергію.

Отриманий алюміній називають первинним. Він містить домішки заліза, кремнію, частинки глинозему, кріоліту та газу, а це все погіршує його властивості. Щоб зменшити кількість домішок, первинний алюміній **рафінують** (див. рисунок 4.9, елемент 7).

#### Рафінування проводять:

- продуванням розплаву первинного алюмінію хлором (втрачається до 1% алюмінію та отриманий алюміній містить 0,15-0,50% домішок); алюміній розливають у ізложниці (див. рисунок 4.9, елемент 8);

- електролізом - використовують для отримання дуже чистого алюмінію. Анод виготовляють з первинного алюмінію або з алюмінію, рафінованого хлором. Катод виготовляють з чистого алюмінію у вигляді пластин.

Електролітом є розплави хлористих і фтористих солей;

- зонним переплавленням - використовують для отримання алюмінію особливої чистоти. Виливок алюмінію поміщають у графітовий човник, а все разом - у кварцову трубку, всередині якої є вакуум. Зовні вздовж трубки повільно зі швидкістю 0,000166 м/с рухається вузький нагрівач. Це може бути один виток великочастотного індуктора, за допомогою якого у виливку створюється вузька (25-30 мм) розплавлена зона. Зонне переплавлення проводять в одному напрямі 10-15 разів підряд. Найчистішою є середня частина виливка, крайні частини забруднені домішками. Після зонного переплавлення алюміній має особливу чистоту - 99,9999% алюмінію.

## Тема 5. Переробка нафти та нафтопродуктів

1. Характеристика нафти та нафтопродуктів
2. Способи переробки нафти та нафтопродуктів

### 5.1 Характеристика нафти та нафтопродуктів

**Нафтою** називають маслянисту рідину від жовтого до чорного кольору з характерним запахом і густиною 185-1040 кг/м<sup>3</sup>.

Щойно добута (сира) нафта складається із суміші різних вуглеводнів (від пентану до важких вуглеводнів), мінеральних і механічних домішок (піску, глини), органічних сполук, що містять сірку, кисень, азот тощо. До мінеральних домішок належить вода, в якій розчинені солі NaCl, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub> тощо.

За вмістом сірки нафти поділяють на малосірчисті (0,1-0,5% сірки), сірчисті (0,5-3,0% сірки) і багатосірчисті (3,0-5,0% сірки). Сірка спричиняє корозію обладнання як у процесі перероблення нафти, так і під час використання нафтопродуктів.

Перед тим як подати нафту на переробку, з неї вилучають гази, воду, мінеральні солі, механічні домішки та сірку за спеціальними методами.

Очищену від домішок нафту переробляють для отримання пального, мастил, розчинників, окремих вуглеводнів тощо.

Перший нафтопереробний завод в Україні побудовано у 1816 р. в м. Дрогобич (Львівщина).

**Нафтопродукти.** У процесі перероблення нафти отримують пальне та паливо (рідинне та газове), мастила, розчинники, окремі вуглеводні (етилен, пропілен, метан, ацетилен, бензол, толуол тощо), тверді та напівтверді суміші вуглеводнів (парафін, вазелін), бітуми та пек, сажу, нафтові кислоти та їх похідні тощо.

1. Пальне. Рідинне пальне поділяють на карбюраторне, реактивне, дизельне.

До карбюраторного пального належать авіаційні й автомобільні бензини, а також тракторне пальне (лігроїн - від англ. ligroine і гас).



Реактивне пальне складають газові фракції різного складу або суміші з бензиновими фракціями. Це пальне використовують в авіаційних реактивних двигунах.

Дизельне пальне складається із газойлів (від газ і англ. oil) і солярових фракцій. Його використовують в авіаційних двигунах внутрішнього згорання.

У світі пальне виробляють з нафти (глибина перероблення у США становить до 92%, в Україні - понад 50%), із вугілля (у Південно-Африканській республіці), цукрової тростини (у Бразилії) тощо.

2. Паливо. Котельне паливо - це мазут. Його використовують на теплових електростанціях, в промислових печах (наприклад, мартенівських) тощо.

Газове паливо - це суміші пропану та бутану в різних співвідношеннях. Його використовують для комунально-побутових потреб.

3. Мастила, їх використовують для змащування машин і механізмів. Залежно від призначення мастила поділяють на індустриальні (веретенні, машинні тощо), турбінні, компресорні, трансмісійні, ізоляційні, моторні. Спеціальні мастила використовують не для змащення поверхонь виробів (деталей, вузлів, механізмів), а як гальмівну рідину в гальмівних сумішах, гідравлічних установках, а також як електроізоляційне середовище у трансформаторах, конденсаторах тощо. Назва цих мастил свідчить про місце їх використання, наприклад, трансформаторне, конденсаторне тощо.

4. Окремі вуглеводні. Ці складові нафти використовують для виробництва полімерів і продукції органічного синтезу (етилловий і метиловий спирт, медичинські препарати, барвники й ін.).

## 5.2 Способи переробки нафти та нафтопродуктів

Нафту переробляють фізичним та хімічним способами. До них належать: дистиляція (фізичний спосіб) та крекінг (хімічний спосіб).

**1. Дистиляція** (від лат. distillatio – стекание краплями - перегонка рідини з метою очищення) **нафти** полягає в поділі нафти на пальні та мастильні фракції

(складові). Цей поділ ґрунтується на різній температурі кипіння окремих фракцій.

Дистилують нафту за умов запобігання розкладання вуглеводнів. При такому способі перероблення нафти кількість отриманого бензину становить лише 5-20% кількості перероблюваної нафти.

Для точнішого розділення багатокомпонентної суміші, якою є нафта на окремі фракції, використовують **ректифікацію** (від лат. *rectificatio* – випрямлення - очищення легкокипящих рідин в особливих апаратах). Пальні фракції отримують у колоні за атмосферного тиску, а мастильні - у разі вакууму.

Спрощену схему атмосферно-вакуумної технологічної системи дистиляції нафти та мазуту зображено на рисунку 5.1.

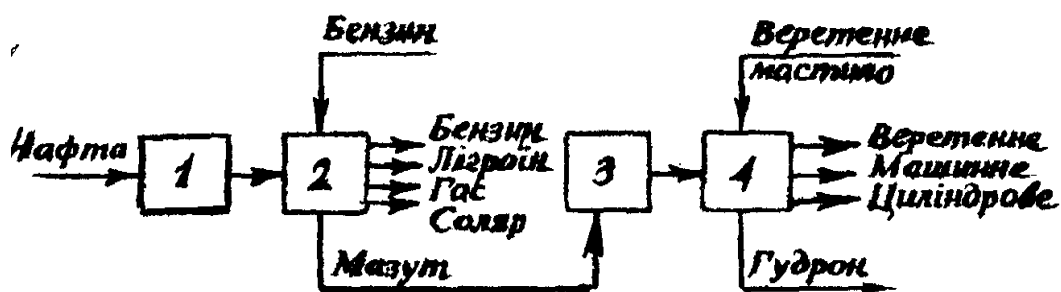


Рисунок 5.1 - Спрощена схему атмосферно-вакуумної технологічної системи дистиляції нафти та мазуту

1. Отримання пальних фракцій. Очищену нафту через систему теплообмінників за допомогою pomp подають до трубової печі, де вона нагрівається до температури 350°C (це температура кипіння нафти) (1), а звідси вона надходить до ректифікаційної колони для розділення на фракції (2). У верхній частині колони випари нафти зрошують бензином. Фракції, що киплять за низьких температур, випаровуються і піднімаються, а ті, що киплять за високих температур (мазут), стікають у нижню частину колони.

Усередині колони по висоті розміщені тарілки з отворами для проходження пари угору та стікання рідин. На тарілках унаслідок зустрічного руху рідини та газу вуглеводні, які мають низьку температуру кипіння, переходять у пару, а ті, які киплять за високої температури, конденсуються та стікають вниз. Таким чином, у

різних температурних зонах колони виділяються різні фракції (згори вниз): бензин, лігроїн, гас, соляр (легкий газойль).

У сучасних колонах діаметром 6 м і висотою 50 м, які мають до 80 тарілок, за рік переробляють до 12 млн. т нафти. Внаслідок перероблення отримують 14,5% бензину (температура відбору - до 170°C), 7,5% лігроїну (160-200°C), 18% гасу (200-300°C), 5% соляри (300-350°C), решта - мазут, який збирається у нижній частині колони.

Якщо в мазуті міститься понад 1% сірки, то його спалюють в печах. У разі меншої кількості сірки мазут дистилують для отримання мастильних фракцій або використовують у процесі крекінгу для отримання додаткової кількості бензину.

2. Отримання мастильних фракцій. Мастильні фракції отримують у колоні, де тиск понижений до 0,08-0,09 МПа. Отже, мазут, нагрітий у печі (3) до кипіння, надходить до ректифікаційної колони, де на тарілках конденсуються мастильні фракції (залежно від температури кипіння) (4): 10-12% веретенного мастила, 5% машинного, 3% легкого та 7% важкого циліндрового. Внизу колони збирається до 30% гудрону (від франц. goudron - дьоготь, смола).

Дистиляцією отримують незначну кількість бензину й до того ж низької якості. Для збільшення кількості бензину та поліпшення його якості використовують хімічні способи. Серед них процес крекінгу нафтопродуктів.

**2. Крекінгом** (від англ. cracking (crack) - розщеплювати) називають переробку нафтопродуктів, під час якої великі молекули вуглеводнів розщеплюються на малі. Наприклад,  $C_{14}H_{30} \rightarrow C_7H_{16} + C_7H_{14}$ .

У нафтовій промисловості використовують різні види крекінгу. До них належать термічний, каталізний тощо.

**1) Термічне перероблення нафтопродуктів.** Термічне перероблення нафтопродуктів поділяють на термічний крекінг, піроліз і коксування.

А) термічний крекінг нафтопродуктів проводять за температури 470-540°C і тиску 2-7 МПа. Вуглеводні починають розщеплюватися за температури 380-400°C. Рідинний крекінг проходить у двофазній системі: рідина - пара, сировиною є мазут. У процесі нагрівання молекули мазуту розщеплюються з утворенням

бензину, газу, коксу та залишку.

Крекінг-залишок використовують для виробництва пального або на теплових електростанціях, морських суднах чи в промислових печах.

Б) піроліз нафтопродуктів. Піролізом (від грецьк. піро... - вогонь і ...ліз - розпад) називають розщеплення великих молекул вуглеводнів на простіші за високої температури (700-1000°C) і тиску, близького до атмосферного. Внаслідок розщеплення молекул гасу або легкого газойлю отримують до 50% газу, ароматичні вуглеводні та смоли.

Гази піролізу відрізняються від газів крекінгу більшою кількістю етилену, пропілену, бутілену, які є сировиною для виробництва продукції органічного синтезу (етиловий і метиловий спирт, оцтова кислота, барвники, лікарські препарати) і особливо для виробництва синтетичних волокон, пластмас, каучуків тощо.

У процесі піролізу обладнання більш матеріаломістке, ніж у процесі термічного крекінгу, оскільки пара нафтових фракцій погіршує умови передачі теплоти в трубових печах, що призводить до збільшення довжини труб у печі. Окрім того, збільшуються витрати теплоти на нагрівання.

У даний час відомо багато нових видів піролізу: із застосуванням каталізаторів, у присутності водню (гідропіроліз) тощо.

В) коксування нафтопродуктів - розкладання нафтових залишків (мазуту, гудрону, крекінг-залишку) при нагріванні без доступу повітря.

Цей процес проводять для отримання додаткової кількості рідинного пального та коксу, який згорає без твердого залишку (жужелиці). Отриманий кокс використовують для виробництва електродів, необхідних металургії, карбідів для авіаційної та ракетної техніки, ядерної енергетики тощо. Чистий вуглець використовують як сповільнювач нейтронів у атомних реакторах.

**2) Каталізні процеси.** У даний час термічні способи перероблення нафтових фракцій швидко витісняються менш енергомісткими та ефективнішими - каталізними, які порівняно з термічними проходять з більшою швидкістю за нижчих температур і тисків. Окрім того, вони дають можливість перероблювати

нафтопродукти з великим вмістом сірки.

Каталізні процеси, які використовують при переробленні нафтопродуктів, поділяють на каталізний крекінг і каталізний реформінг (англ. reforming від лат. refo~~g~~mare – перетворюю).

А) каталізний крекінг - проводять у контактному апараті з рухомим каталізатором за температури 450°C і тиску 0,1-0,2 МПа. Контактний апарат є складовою елемента технологічної системи, спрощену схему якої показано на рисунку 5.2.

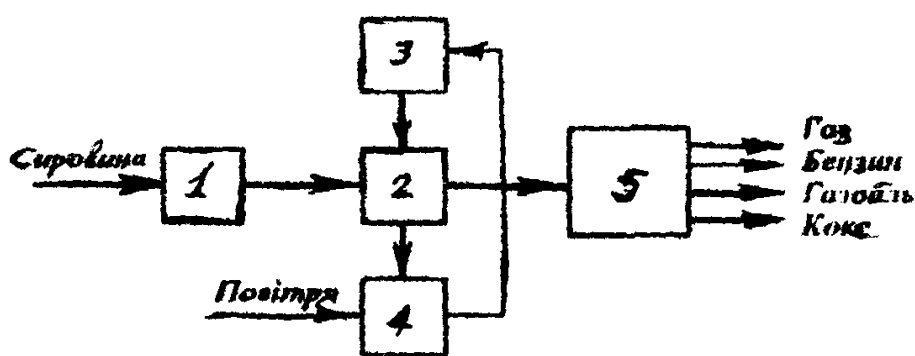


Рисунок 5.2 – Спрощена схема технологічної системи каталізного крекінга нафтопродуктів

Сировину (солярову, газову чи іншу фракцію) нагрівають у печі (1) за температури 350-360°C і спрямовують до реактора (2), в який із бункера (3) подають каталізатор (алюмосілікат) у вигляді дрібних частинок. У реакторі відбувається каталіз сировини. У процесі перерозподілу водню між молекулами нафтопродуктів виділяється кокс (вуглець), який осідає на поверхню каталізатора та зменшує його активність. Для відновлення активності каталізатор регенерують. Відбувається це таким чином. Під дією власної маси відпрацьований каталізатор падає вниз реактора, де його обдувають паром, після чого він надходить до регенератора (4). У регенераторі каталізатор обдувають повітрям, нагрітим до температури 550-600°C. За цих умов вуглець згорає. Теплоту, яка виділяється при цьому, використовують для отримання пари та нагрівання сировини. Таке ощадне використання теплоти зменшує енергетичні затрати, спрощує обладнання та

полегшує його експлуатацію. Відновлений каталізатор під тиском повітря знову повертається до бункера (3), а звідси - до реактора (контактного апарата) (2). Цей процес безперервний. Продукти крекінгу з реактора надходять до ректифікаційної колони (5), де розділяються на фракції: газ, бензин, газойль, кокс.

Порівняно великий вихід бензину з добрими антидетонаційними (противибуховими) властивостями є однією з переваг каталізного крекінгу порівняно з термічним. Друга перевага цього способу полягає в отриманні бензину з малим вмістом сірки незалежно від її кількості в сировині. А це дуже важливо, оскільки добування нафти, яка містить незначну кількість сірки, скорочується, а зростає добування нафти з великим вмістом сірки.

Щоб поліпшити якість бензину та збільшити його октанове число, впроваджують каталізний реформінг.

Б) каталізний реформінг. На відміну від крекінгу реформінг проводять з участю водню у присутності каталізаторів платини, оксиду молібдену тощо.

Відомо кілька промислових способів реформінгу, які різняться каталізаторами, температурою, тиском і способом регенерації каталізаторів.

Найчастіше застосовують каталізний реформінг із використанням платинового каталізатора (платина нанесена на поверхню оксиду алюмінію) в середовищі водню за температури 470-540°C і тиску 2-4 МПа. Цей процес називають платформінгом. Переробляють легкі нафтові фракції - малооктанові бензини. Якщо платформінг проводять за тиску 1,5-3,0 МПа, то отримують бензол, толуол, ксилол; за тиску ~5 МПа утворюється дуже якісний бензин з октановим числом 98 з незначним вмістом сірки та стійким при зберіганні.

Отримані нафтопродукти в більшості випадків не готові до використання, оскільки містять різні домішки, які впливають на стабільність властивостей. Щоб позбутися цих домішок використовують хімічні та фізико-хімічні способи очищення: лугом (NaOH), сірчаною кислотою (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), проводять адсорбцію (від лат. ad... і sorbere – поглинати – поверхневе поглинання якої-небудь речовини з газоподібного середовища чи розчину), екстракцію (від лат. extraho - вилучаю) тощо. Очищення нафтопродуктів робить їх дорожчими, але якіснішими.

## Тема 6. Технології обробки металів і сплавів у машинобудуванні

1. Продукція машинобудівної промисловості
2. Основні поняття про заготівлі та деталі
3. Укрупнена схема машинобудівного підприємства
4. Ливарне виробництво
5. Обробка металів тиском
6. Зварювальне виробництво
7. Механічна обробка заготівель деталей машин
8. Складальне виробництво машин

### 6.1 Продукція машинобудівної промисловості

**Машинобудування** - це комплекс галузей важкої промисловості, що виготовляють знаряддя праці, а також предмети споживання й оборонну техніку. Машинобудування є важливою галуззю промисловості, яка визначає рівень і темпи розвитку всіх інших галузей промисловості, сільського господарства, транспорту, енергетики тощо.

**Продукцію** машинобудівної промисловості називають виробами. Це є різні машини, механізми, агрегати й окремі деталі. Наприклад, продукцією верстатобудівного заводу є верстати.

**Деталлю** називають виріб, виготовлений без застосування складальних операцій. Наприклад, вал виготовлений вальцюванням.

**Вузлом** називають складову частину виробу, яку отримують з'єднуванням деталей.

Деталі у вузол з'єднують зварюванням, склеюванням, паянням, скручуванням тощо. З'єднуючи між собою деталі та вузли, отримують машини. Кожну машину створюють для виконання певного технологічного процесу.

**Машинами** називають механізми або поєднання механізмів, які здійснюють певні рухи для перетворення одного виду енергії в інший або виконання певного

технологічного процесу (операції).

Залежно від основного призначення машини поділяють на машини-двигуни та машини-виконавці.

Машини-двигуни призначені для перетворення одного виду енергії на інший (наприклад, парові турбіни, двигуни внутрішнього згорання, вітрові колеса).

За допомогою машин-виконавців відбувається зміна форми, розмірів, властивостей об'єкта тощо. Ці машини поділяють на:

- транспортні машини - призначені для перевезення або передавання вантажу з одного місця на інше, наприклад транспортери, ліфти, крани, автомобілі (вантажівки, самоскиди та ін.);

- технологічні машини - перетворюють сировину у напів- або готову продукцію. До технологічних машин належать прядильні та ткацькі верстати, вальцівні, млини тощо;

- кібернетичні машини - модулюють деякі фізіологічні функції й органи людини.

Найбільш важливою частиною машинобудування є верстатобудівна промисловість, що забезпечує машинобудування й інші галузі металообробними верстатами, ковальсько-пресовим і ливарним устаткуванням, інструментами, що ріжуть, і вимірювальними інструментами. Тобто, усі технічні вироби, одяг, продукти харчування, медичні й ін. товари, якими користується людина, отримані за допомогою машин; самі ці машини отримані за допомогою металорізальних верстатів, металургійного, ливарного, ковальського й іншого устаткування; у свою чергу ці верстати й устаткування отримані за допомогою машин і механізмів більш раннього покоління.

## 6.2 Основні поняття про заготівлі та деталі

Виробництво машин, приладів і інших виробів у машинобудуванні складається з наступних етапів: 1) одержання заготівель; 2) обробка заготівель; 3) зборка окремих вузлів; 4) зборка виробу в цілому (загальна зборка); 5) контроль,



регулювання й іспит виробу; б) комплектація й упакування виробу.

У такий спосіб процес виготовлення машин починається з виробництва заготівель. **Заготівлею** називається предмет праці, з якого зміною форми, розмірів, властивостей поверхні та (чи) матеріалу виготовляють деталь. Розрізняють три основних види заготівель: штучні, машинобудівні профілі та комбіновані. Штучні заготівлі одержують литтям, куванням, штампуванням чи зварюванням. Машинобудівні профілі являють собою вироби постійного сечіння (прутки, труби) чи змінного сечіння (періодичний прокат). Комбіновані заготівлі одержують з'єднанням (наприклад, зварюванням) окремих більш простих елементів, отриманих литтям, прокаткою й ін. методами.

У результаті термічної, термохімічної, механічної й ін. видів обробок заготівлі перетворюють у **деталі**. При цьому головна роль належить механічній обробці, що забезпечує необхідні розмірну точність і якість поверхні деталей.

Однією з найважливіших умов серійного та масового виробництва є взаємозамінність деталей, що забезпечує можливість їх установки в процесі зборки чи заміни в процесі експлуатації без попереднього припасування, при збереженні усіх вимог, пропонованих до роботи вузла, агрегату та конструкції в цілому. Взаємозамінність забезпечується раціональною системою допусків (**допуск** - величина відхилення фактичного розміру деталі від заданого чи номінального), оскільки технічно неможливо виготовити партію деталей з абсолютно однаковими розмірами. У технічній документації завжди вказуються припустимі відхилення від номінального розміру. Чим вище розмірна точність, тим вище взаємозамінність деталей, нижче биття в деталях, що сполучаються, (наприклад, вал - підшипник), вище надійність і довговічність механізмів і машин.

Поверхня будь-якої деталі не є ідеальною, вона являє собою систему виступів і западин, величина яких вимірюється за допомогою спеціальних приладів - профілометрів. Відхилення форми поверхні від ідеальної - її шорсткість. **Шорсткість** поверхні визначає не тільки естетичні та споживчі властивості продукції; від неї значною мірою залежать коефіцієнт тертя, швидкість зносу, коефіцієнт корисної дії машини та її довговічність.

### 6.3 Укрупнена схема машинобудівного підприємства

У загальному виді машинобудівне підприємство містить у собі заготівельні цехи (ливарні, ковальсько-пресові, термічний, зварювання та наплавлення, пластмас і ін.), металообробні (механічні) і складальні. Окрім цього, до складу підприємства можуть входити енергетичні, ремонтні, транспортні й ін. цехи чи ділянки. Номенклатура заготівельних і основних цехів також може бути розширена, наприклад, можуть бути ливарні цехи: сірого та ковкого чавуна, сталеливарний, алюмінієвого і магнієвого лиття й т.д.

На рисунку 6.1 представлена укрупнена схема машинобудівного підприємства, що складається з п'яти цехів: трьох заготівельних, механічного та складального.

Вихідні матеріали: чушковий ливарний і передільний чавуни, феросплави, сталевий і чавунний брухт, роскислители, кольорові метали та їх лігатури (від лат. *ligatura* – *ligare* – зв'язувати - проміжний (допоміжний) сплав, що додається до основного сплаву (металу) при його розкисленні чи легуванні) (при наявності ділянки кольорового лиття), прокат, зварювальний дріт і ін. вихідні матеріали, флюси, пісок, огнеупорна глина й ін. сполучні, вогнетривні цегла для футеровки плавильних агрегатів і ін.

Ливарний цех робить виливки для власних нестатків (надходять після термічної обробки у механічний цех) і на сторону, іншим споживачам, а також ковальські злитки для ковальсько-пресового цеху.

Кувальні та зварені (комбіновані) заготівлі можуть, подібно виливкам, надходити не тільки у механічний цех, але й поставлятися на сторону.

У відповідності зі схемою, механічний цех може робити деталі з виливків, кувань, комбінованих заготівель, а також із прокату. При виборі способу одержання заготівлі враховуються: потреби, пропоновані до якості деталі, технологічні можливості методів лиття, кування й ін., а також собівартість заготівлі. При цьому частише програма випуску продукції (обсяг випуску заготівель протягом року) є основним чинником, що визначає спосіб одержання

заготівель.

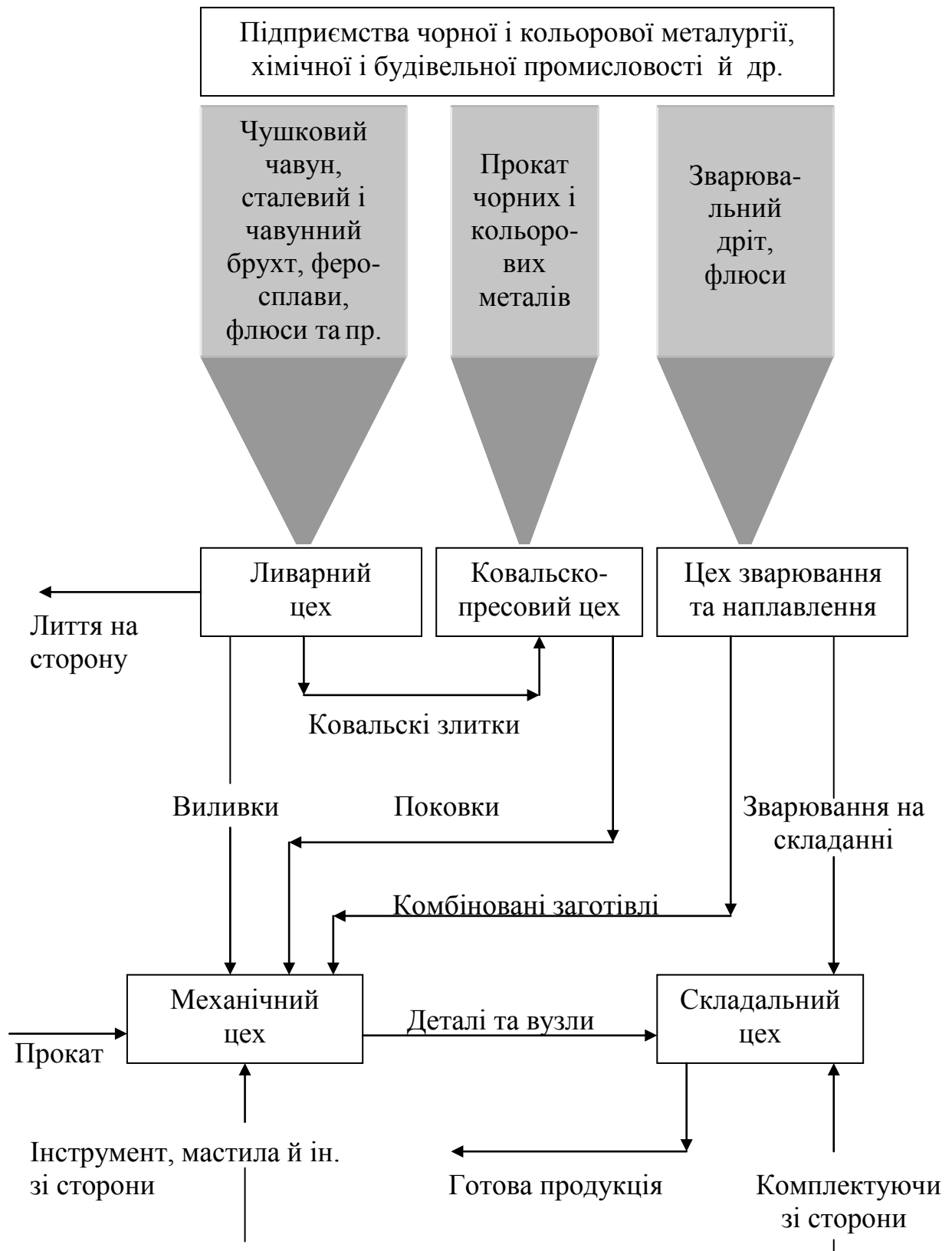


Рисунок 6.1 - Укрупнена схема машинобудівного підприємства

Механічний цех окрім заготівель одержує з боку металорізальний і вимірювальний інструмент (деякі підприємства мають власне інструментальне виробництво), мастильно-прохолоджуючі рідини й ін. У механічному цеху може вироблятися зборка окремих вузлів виробу. Повна зборка, доведення й іспити проводяться у складальному цеху, який, окрім деталей і вузлів власного виробництва, комплектує вироби одержує з інших підприємств, наприклад, автомобільні заводи одержують з боку електротехнічне устаткування (стартери, генератори, реле й ін.), вироби з гуми, штучні шкіри, тканини й т.д.

#### 6.4 Ливарне виробництво

Сутність ливарного виробництва складається в одержанні заготівель, названих виливками, шляхом заливання металу чи сплаву в ливарну форму.

Значення ливарного виробництва винятково велике. Немає жодної галузі техніки, де б не застосовувалися литі деталі. У машинобудуванні маса литих деталей складає близько 50%, у тракторобудуванні - близько 60%, у верстатобудуванні - близько 80% від маси механізмів і машин. Методами лиття можна одержувати деталі масою від часток грама (елемент застібки-блискавки) до сотень тонн (корпус гідротурбіни, станина могутніх пресів і ін.), з товщиною стінки від часток мм до сотень мм. Частіше ливарна технологія є єдиною можливим способом одержання виробів складної форми (станини різних машин, корпуса приладів, деталі з важкооброблюваних сплавів і ін.).

Широкому розвитку ливарного виробництва сприяє удосконалювання старих і поява нових методів лиття, механізація й автоматизація технологічних процесів, спеціалізація та централізація виробництва, зниження собівартості виливків.

Загалом процес одержання виливка включає наступні етапи: вибір методу лиття, розробка технологічного процесу одержання виливка, виготовлення модельно-опочного та іншого оснащення, готування формовочних і стрижневих сумішей, виготовлення й підготовка форми до заливання, плавка металу, заливання металу у форму, витяг (вибивка) виливка з форми після затвердіння й

охолодження, наступна обробка виливка: обрубка (відділення літників і прибутків), очищення, термообробка, контроль якості, фарбування.

Способи лиття поділяються на дві великі групи: лиття в піщані форми та спеціальні види лиття.

1. Лиття в піщані форми. Основну масу виливків одержують методом лиття в разові піщані форми. Широке застосування цього методу порозумівається його простотою й універсальністю: тим, що він дозволяє одержувати як дрібні, так і дуже великі виливки простій і складної конфігурації практично з усіх ливарних сплавів. Матеріалом для виготовлення форми служить формувальна суміш, що представляє собою кварцовий пісок з добавками сполук (вогнетривної глини, рідкого скла й ін.) і води. Ливарна форма виготовляється вручну чи на машинах за допомогою модельно-опочного оснащення, що складається з моделі майбутнього виливка, одного чи декількох стрижневих шухляд, подмодельной дошки (модельної плити) і ін.

Основними недоліками виробництва виливків у піщаних формах є:

- великі обсяги транспортування та переробки сумішей (4-12 т на 1 т виливків), що включають сушіння піску, змішування компонентів, аерацію та регенерацію сумішей і т.д.;

- форма використовується тільки один раз;

- нестабільність і невисока точність розмірів виливків;

- висока шорсткість поверхні та великі припуски на обробку виливків;

- багато пилу;

- висока загазованість ливарних цехів.

2. Спеціальні види лиття. Традиційні способи одержання виливків у разових піщаних формах усе більше поступаються місцем спеціальним видам лиття. Застосування останніх зв'язане зі створенням спеціального оснащення та стає виправданим завдяки одержанню більш високих властивостей металу та кращої розмірної точності виливків, зниженню трудових, енергетичних і матеріальних витрат у виробництві й експлуатації.

У промислово розвинених країнах частка спеціальних видів лиття

перевищила 40%, тоді як в Україні складає лише близько 15%.

Розрізняють такі способи спеціального лиття:

1. Виготовлення виливків у металевих формах (кокілях). **Кокіль** - це металева роз'ємна чи нероз'ємна, багаторазово використовувана ливарна форма, виготовлена з чавуна, сталі й ін. сплавів. Внутрішні порожнини у виливках при литті у кокіль можуть виходити як за допомогою піщаних, так і за допомогою металевих стрижнів.

Основні достоїнства кокілів у порівнянні з піщаними формами: багаторазове використання форми (сотні тисяч заливань для цинкових, магнієвих і алюмінієвих сплавів, десятки тисяч - для мідних, тисячі - для чавунних, сотні - для сталевих); різке обмеження використання піщаних сумішей; більш високі продуктивність праці, точність і стабільність розмірів, якість поверхні виливків. Інтенсивність охолодження виливків у металевих формах у 3-5 разів вище, ніж у піщаних. Це сприяє одержанню більш щільної і дрібнозернистої структури та, як наслідок, більш високих механічних властивостей сплавів. Застосування кокільного лиття дозволяє знизити відходи металу в стружку до 5-7% замість 15-25% при литті в піщані форми. У цілому трудомісткість і вартість готових виробів (деталей) знижується на 40-50%. На рисунку 6.2 приведені найбільш розповсюджені типи кокілів. У кокілях першого і третього типів використані піщані стрижні для оформлення ливникових систем і внутрішніх порожнин у виливках.

Основними недоліками лиття в металеві форми є:

- інтенсивне охолодження рідкого металу, що утрудняє одержання тонкостінних виливків;
- необхідність виготовляти спеціальні канали для видалення газів;
- висока твердість кокілю, що може стати причиною внутрішніх напружень і тріщин у виливках.

З метою зниження інтенсивності охолодження рідкого металу й збільшення термінів експлуатації кокілів, вони перед початком роботи підігріваються до 150-450°C, а їх внутрішня поверхня покривається вогнетривною фарбою, що має низьку теплопровідність.

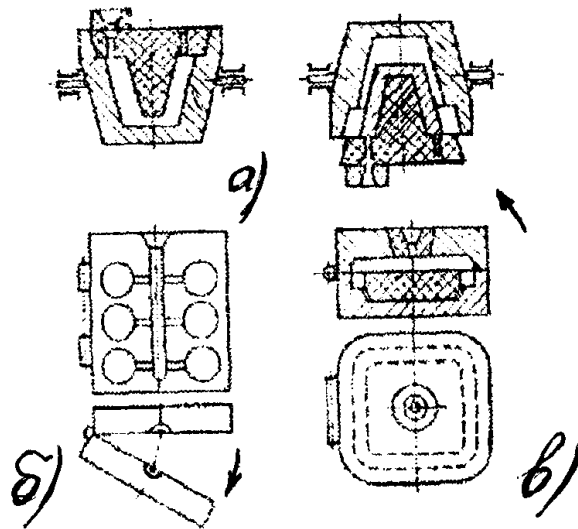


Рисунок 6.2 - Різновиди кокілів:

а - витряхной;

б - з вертикальною площиною рознімання;

в - з горизонтальною площиною рознімання.

2. Відцентрове лиття - спосіб одержання виливків, при якому рідкий метал заливається в обертову форму (ізложницю), найчастіше, металеву, і його кристалізація протікає під дією відцентрових сил. Цим методом одержують виливки практично з усіх сплавів. Найбільший техніко-економічний ефект досягається при використанні відцентрового лиття для одержання виливків типу тіл обертання (труби, втулки, гільзи, циліндри двигунів, кільця підшипників качіння й ін.).

Відцентровий спосіб лиття має наступні переваги: не вимагаються стрижні для одержання внутрішніх циліндричних порожнин; метал у виливку отримується щільним і дрібнозернистим; знижується собівартість лиття.

Машини для відцентрового лиття бувають з вертикальною та горизонтальною віссю обертання.

3. Лиття під тиском - спосіб одержання фасонних виливків у металевих формах, при якому заповнення форми та кристалізація металу здійснюється під примусовим тиском. У зв'язку з високою вартістю машин і оснащення (прес-

форм) цей спосіб застосовується в масовому виробництві для виготовлення дрібних і середніх тонкостінних виливків зі сплавів кольорових металів (переважно, легкоплавких). Він забезпечує високу точність розмірів виливків, більшість яких не вимагає подальшої механічної обробки. Розрізняють машини з холодною та гарячою камерами пресування.

### 6.5 Обробка металів тиском

У сучасному виробництві застосовують наступні види обробки металів тиском (ОМТ): прокатку, пресування, волочіння, кування, листове й об'ємне штампування. Перші три види служать, в основному, для одержання виробів, що мають постійний поперечний розріз (прутки, труби, рейки, листи й ін.) і застосовуються, головним чином, на металургійних підприємствах. Кування та штампування служать для одержання фасонних заготівель (кувань) і знаходять застосування на машинобудівних підприємствах. Схеми основних способів обробки металів тиском подано на рисунку 6.3.

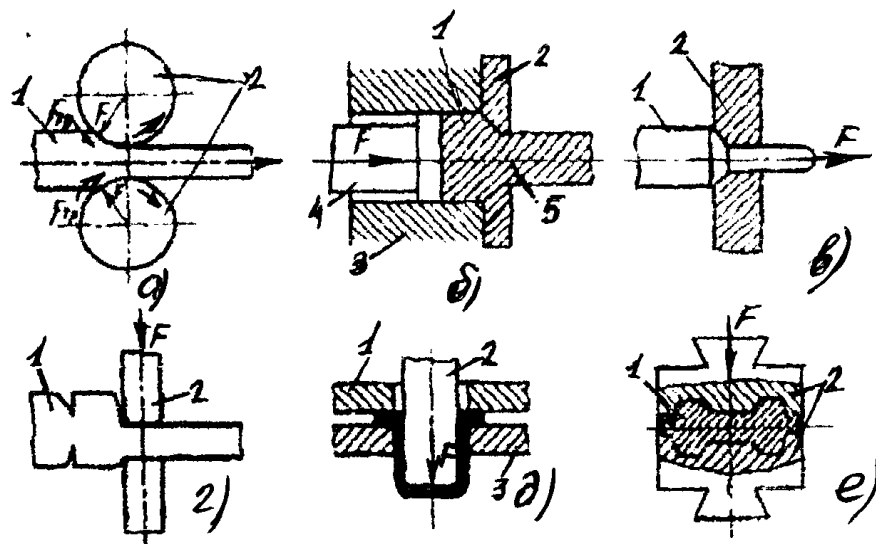


Рисунок 6.3 - Схеми основних способів обробки металів тиском:

- а - прокатка; б - пресування; в - волочіння; г - кування;
- д - листове штампування; е – об'ємне штампування.



Прокатка (а) використовується для обтиснення заготівлі (1) між обертовими в різні сторони валками (2). Прокатка служить для зменшення поперечного розріза заготівлі та надання йому заданої форми (коло, прямокутник і ін.).

Прокатка є основним видом ОМТ, якому піддають до 90% одержуваної у виді злитків і литих заготівель (блумів і слябів) сталі, а також велику частину кольорових металів. Розрізняють три основних види прокатки: подовжню (а), поперечну (б) і поперечно-гвинтову (в) (рисунок 6.4).

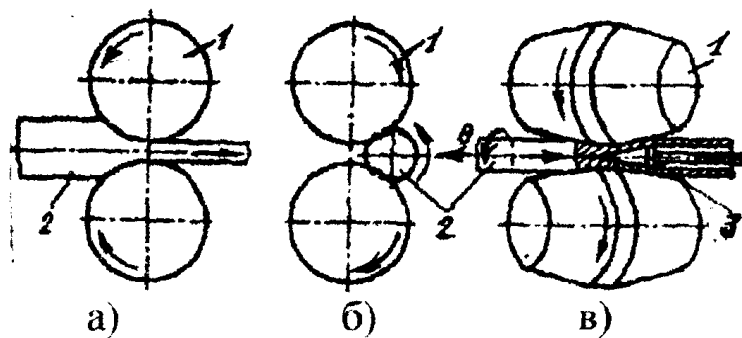


Рисунок 6.4 - Основні види прокатки:

1- валки; 2 - заготівля; 3 - оправлення

Найбільше поширення одержала подовжня прокатка, при якій валки обертаються в різні сторони, а заготівля рухається в напрямку, перпендикулярному осям валків (рисунок 6.4 (а)). Подовжньою прокаткою виготовляють близько 90% усієї прокатної продукції: сортовий прокат (прутки, куточки, рейки й ін.) і листовий прокат (фольга, лист, плити). Сукупність різних профілів називають **сортаментом**. Сортамент профілів, одержуваний усіма видами прокатки підрозділяється на чотири групи: сортовий прокат, аркушевий прокат, труби та спеціальні види прокату (періодичний, кулі, ролики, ходові колеса й ін.).

Пресування (рисунок 6.3 (б)) являє собою процес видавлювання (екструзії) металу (1) з контейнера (3) через отвір заданої форми в матриці (2). Поперечний розріз заготівлі (5) відповідає контуру отвору в матриці.

Процес волочіння (рисунок 6.3 (в)) використовують для зменшення поперечного розріза дротів, прутків і труб шляхом їх протягання через волоку із

силою  $F$ . Поперечний розріз отвору у волоку (2) менше поперечного сечіння заготівлі (1).

Кування (рисунок 6.3 (г)) застосовується для зміни форми та розмірів лежачої на ковадлі (3) заготівлі (1) шляхом нанесення серії ударів силою  $F$  інструментом (2).

Штапування поділяється на листове (рисунок 6.3 (д)) і об'ємне (рисунок 6.3 (е)) і здійснюється за допомогою інструментів, названих штампами. На рисунку 6.3 (д) заготівля типу склянки деформується пуансоном (2) і матрицею (3); притиск (1) сприяє рівномірної деформації заготівлі. При об'ємному (рисунок 6.3 (е)) штапуванні заготівля (1) здобуває необхідну форму в результаті впливу на неї штампа, що складається з двох половин (2).

Прокатне виробництво забезпечує вихід придатного (коефіцієнт використання злитка після видалення прибуткової і донної частин) на рівні 91-96% при виробництві сортового прокату (прутки, рейки, куточки й ін.).

При прямому пресуванні вихід придатного складає 80-82%, при зворотному - 86-88%.

Вільне кування на молотах заготівель із прокату забезпечує вихід придатного від 67 до 83%.

Гаряче об'ємне штапування при використанні прокату як заготівлі забезпечує вихід придатного: близько 77% при штапуванні на молотах, близько 82% - на пресах і близько 90% - на горизонтально-кувальних машинах.

## 6.6 Зварювальне виробництво

Зварювання застосовується повсюди, без його важко представити сучасну техніку.

Метали, що володіють високою пластичністю, міцно з'єднують між собою в процесі пластичної деформації (спільного проковування) холодним зварюванням.

Ливарне зварювання - між частинами виробу, які треба з'єднати, заливають перегрітий рідкий метал, він розчиняє краї частин, що з'єднуються, утворюючи

після затвердіння міцний шов.

Пайка - між частинами виробу, яке треба з'єднати, закладають шматочки сплава-припоя та зібраний в такий спосіб виріб нагрівають до температури, достатньої для розплавлення припоя. Пайка широко застосовувалася при виготовленні ювелірних виробів.

Для одержання нероз'ємних з'єднань шматки заліза нагрівають в ковальському горні до білого розжарювання та сковують між собою - це ковальське зварювання.

Холодне, ливарне та ковальське зварювання, а також пайка - перші в історії техніки технологічні процеси одержання нероз'ємних з'єднань металів.

## 6.7 Механічна обробка заготовель деталей машин

Основна мета механічної обробки полягає в одержанні з заготовлі готової деталі шляхом додання їй потрібної форми, заданих розмірів і чистоти (шорсткості) поверхонь. Ця мета досягається наступними методами: - видалення з заготовлі частини матеріалу у виді стружки; - пластичного деформування заготовлі без зняття стружки; - електролітичного розчинення матеріала заготовлі й ін.

Точність деталей по геометричних параметрах укрупнено характеризують п'ятьма видами відхилень: розміру, форми, розташування, волнистістю та шорсткістю. На чертежі деталі вказується номінальний розмір та величина граничних допусків. Волнистість і шорсткість характеризують тільки рельєф її поверхні. Після будь-якої механічної обробки деталі не мають ідеально гладкої поверхні. Їх поверхня завжди характеризується шорсткістю, тобто сукупністю нерівностей.

Точність деталей по геометричних параметрах, у першу чергу, точність розмірів і шорсткість поверхонь, визначають якість виготовлених машин, їх довговічність, надійність і вартість. Незважаючи на те, що методи одержання заготовель і технологія їх механічної обробки безперервно удосконалюються, трудомісткість верстатних робіт у машинобудуванні досягає 30-50% від загальної

трудомісткості виготовлення машин.

По характеру та послідовності виконуваних операцій, по типах використовуваних інструментів, по способах видалення чи передеформації поверхневого шару заготовель усі види обробки конструкційних матеріалів різанням можна розділити на 8 основних груп:

1. Токарська обробка, призначена для гостріння зовнішніх і внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь, нарізування зовнішніх і внутрішніх різьблень, підрізання торців і т.д. При токарській обробці заготівля робить обертальний рух, а різальний інструмент (різець, свердло) - поступально, паралельно (рисунки 6.5 (а)) чи перпендикулярно під кутом до осі обертання заготівлі.

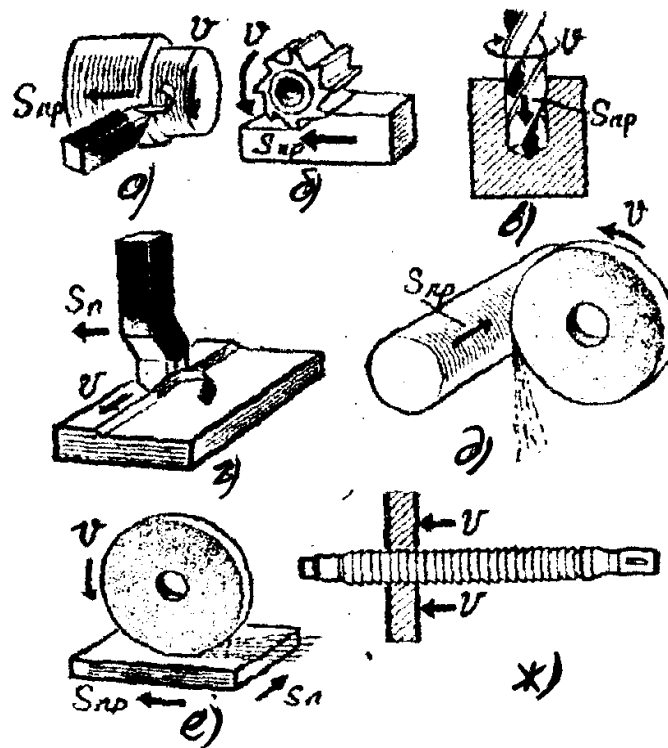


Рисунок 6.5 - Схеми обробки металів різанням:

- а) токарська обробка; б) фрезерна обробка; в) свердління; г) стругання;  
д) кругле шліфування; е) плоске шліфування; ж) протягання

2. Фрезерна обробка застосовується для одержання плоских, фасонних і гвинтових поверхонь багатолезовими різальними інструментами - фрезами, що роблять обертання при поступальному русі заготівлі (рисунки 6.5 (б)).

3. Свердлильна обробка призначена для одержання й обробки отворів за допомогою свердла й ін., що роблять обертальні та поступальні рухи (рисунок 6.5 (в)).

4. Стругальна обробка дозволяє одержувати плоскі та фасонні поверхні, канавки, пази та виїмки. Особливістю процесу є зворотно-поступальний зустрічний рух оброблюваної заготовки й інструмента (різця), що по черзі робить робочий і холостий хід (рисунок 6.5 (е)). Продуктивність стругання нижче, ніж фрезерування.

5. Шліфування відноситься до оздоблювальних (доводочних) операцій механічної обробки, дозволяє досягти високої точності та низькою шорсткості оброблених поверхонь. Як режучий інструмент використовують абразивні кола (рисунок 6.5 (д), (е)) і бруски, що ріжуть, здатність яких забезпечується гострими гранями абразивних зерен і їх зв'язуванням, а також структурою абразивного інструмента.

6. Протягання - високопродуктивний процес обробки отворів, нарізування пазів і ін. за допомогою многолезвийного інструменту (рисунок 6.5 (ж)). Крайка кожного наступного зуба, що ріже, вище, ніж у попереднього, це забезпечує знімання великої кількості тонких стружок і високу чистоту оброблених поверхонь.

7. Обробка пластичним деформуванням (без зняття стружки) включає формотворні й упрочнююче-калібруючі методи.

8. Електрофізичні й електрохімічні методи включають електроерозійні, ультразвукові, променеві й ін. способи обробки заготовель.

Строго говорячи, тільки 1-6 види відносяться до обробки різанням, тому що ці процеси засновані на видаленні з поверхні заготовки зайвого матеріалу у виді стружки.

Робота різання будь-якого інструмента, що ріже, заснована на дії клина, що впроваджується в тіло заготовки та послідовно сколює задані ділянки припуску. У залежності від схеми обробки (точіння, свердління, фрезерування й т.д.) різальні інструменти розрізняються по конструкції.

## 6.8 Складальне виробництво машин

Складання є кінцевим технологічним процесом у виробництві машин. У процесі складання виконують слюсарні, складальні, випробувальні та малярні роботи. Якість складальних робіт значною мірою відбивається на продуктивності, надійності та довговічності машин. Роботи зв'язані із складанням машин, проводять у складальних, частково механічних, цехах, які визначають темп і напрямок роботи всіх оброблювальних і заготівельних цехів заводу, особливо в потоковому та автоматизованому виробництві. Робота всіх виробничих підрозділів заводу має бути синхронізована згідно із тактом випуску машин на складанні. Ще в процесі проектування визначають послідовність складання.

Основним напрямком у процесі конструювання машин є побудова машини з окремих вузлів. Усі деталі сучасних машин виготовляють у межах заданих допусків. Розміри виготовлених деталей різні. Причиною цього є ряд чинників, які впливають на точність розмірів деталі у процесі їх виготовлення. Якщо в процесі конструювання цього не врахувати, то під час складання будуть такі недоліки:

- розміри вузла будуть більшими за розміри місця, де він має бути встановлений у процесі складання. Цей недолік вимагає додаткових коштів на виконання слюсарних робіт, які полягають у зменшенні розмірів вузла (шліфуванням, поліруванням і навіть точінням тощо);

- розміри вузла будуть меншими за розміри місця, де він має бути встановлений у процесі складання. Знову додаткові великі витрати: треба виготовляти нові деталі для вузла;

- розміри вузла незначно (на величину допуску) відрізнятимуться від розмірів місця, де він має бути встановлений у процесі складання. Такі вузли придатні для складання та ремонту машин без додаткових витрат.

Технологічний процес складання полягає у з'єднанні деталей у вузли, вузлів і окремих деталей - у механізми, а все разом - у машину. У цьому зв'язку всі роботи складального процесу поділяють на окремі послідовні стадії: складання вузлів, агрегатів, механізмів і загальне складання. На кожній стадії технологічний процес

складання поділяють на окремі послідовно виконувані операції.

Складають машини за способом повної, неповної взаємозамінності та індивідуального підганяння. В основі вибору способу складання лежить точність виготовлення складових елементів машин: деталей, вузлів тощо.

1. За способом повної взаємозамінності. У процесі цього способу складання використовують деталі, виготовлені з відповідною точністю, а тому вони не потребують додаткового оброблення перед з'єднанням у вузли. Такий спосіб складання застосовують у великосерійному та масовому виробництві.

2. За способом неповної взаємозамінності. У процесі цього способу складання потрібної посадки з'єднання деталей або вузлів досягають попереднім підбиранням їх за розмірами. Якщо деталі чи вузли, призначені для складання, групують за розмірами, то такий спосіб складання називають складанням за способом групового підбирання.

У разі індивідуального підбирання до розміру місця шукають відповідного розміру деталей.

3. За способом індивідуального підганяння. Складання полягає у тому, що для досягнення відповідної посадки деталі після виготовлення дооброблюють ручним способом для отримання певної форми, розмірів і шорсткості поверхні. Цього досягають шліфуванням, розвертанням, притиранням тощо. Такий спосіб складання застосовують в одиничному та малосерійному виробництві.

В процесі складання спочатку із деталей складають вузли, а потім із вузлів і окремих деталей - машину.

Залежно від обсягу випуску продукції застосовують стаціонарне та рухоме складання.

1. Стаціонарне складання. Цей вид складання проводять в експериментальних цехах бригадою фахівців, які виконують різні операції. До місця складання подають усі деталі, вузли та інструменти, необхідні для складання та доведення деталей до потрібного розміру. У процесі стаціонарного складання деталі необов'язково мають бути взаємозамінними. Цей вид складання малопродуктивний. Його застосовують в одиничному та малосерійному

виробництві.

2. Рухоме складання. У ході цього виду складання основна деталь майбутнього виробу послідовно переміщується від одного місця праці до іншого. На кожному місці виконують певну складальну операцію. Місця праці оснащені пристроями та інструментами, необхідними для виконання цих операцій. Виріб, який складають, переміщується за допомогою транспортних засобів - роликів конвеєрів, візків, транспортерів тощо. Вибір транспортного засобу залежить від виду виробу, який складають. Рухоме складання застосовують у масовому та великосерійному виробництві.

Необхідні умови рухомого складання: повна взаємозамінність деталей, вузлів; певна кількість робітників, інструментів і деталей на місці праці. Окрім того, слід пам'ятати, що рухоме складання потокове. У ході рухомого складання переміщення виробів можна сполучати з виконанням інших операцій, наприклад, з миттям, висушуванням, фарбуванням тощо.

Продукція, отримана внаслідок рухомого складання, є якіснішою і має меншу собівартість. Продуктивність складальних цехів та ділянок більша порівняно зі стаціонарним складанням.

Основним техніко-економічним показником складального процесу є витрати на складання. Вони містять у собі заробітну платню робітників, які безпосередньо працюють у процесі складання, амортизаційні відрахування від вартості обладнання (інструментів, верстатів, пристроїв тощо), загальновиробничі витрати. Окрім цього показника є такі: трудомісткість окремих складальних операцій і загальна трудомісткість складання виробів і ін.

Більшість складальних робіт (60-80%) виконують ручним способом. Для зменшення їх частки потрібно підвищити ступінь взаємозамінності; уніфікувати (уніфікація - від уні... і ...фікація - приведення чогось до єдиної форми) елементи та конструкції деталей машин і вузлів; механізувати й автоматизувати процеси складання. Взаємозамінність і уніфікація дають великий ефект під час складання. Окрім того, вони є передумовою для впровадження механізації й автоматизації.

Перспективним напрямком вдосконалення складання є створення та



впровадження на підприємствах роботів-складальників, особливо під час виконання монотонних робіт.

Кінцевою стадією складання машин є контроль і випробування виробів. Контроль проводять у процесі складання окремих вузлів і після складання цілого виробу. На машинобудівних підприємствах виконують вибірковий і обов'язковий контроль. Відповідальні вузли підлягають обов'язковому контролю. Від якості їх складання залежать основні експлуатаційні показники виробів (продуктивність, надійність, довговічність тощо).

Після перевірення окремих з'єднань і вузлів машина проходить випробування. Перевіряють роботу машини та взаємодію усіх механізмів, а також потужність, продуктивність і точність. Випробування проводять із навантаженням і без нього. Вибір способу випробування залежить від виду, призначення та обсягу випуску машин.

На основі результатів іспитів виписують паспорт.

## Тема 7. Технології паливно-енергетичного комплексу

1. Склад і структура паливно-енергетичного комплексу
2. Електроенергетична галузь. Електричні станції
3. Споживання енергоресурсів в Україні

### 7.1 Склад і структура паливно-енергетичного комплексу

**Енергетичний ресурс** - це запаси енергії, що при даному рівні техніки можуть бути використані для енергопостачання. Це широке поняття відноситься до будь-якої ланки «енергетичного ланцюжка», до будь-якої стадії енергетичного потоку на шляху від природного джерела до стадії споживання енергії.

Облік світових запасів паливно-енергетичних ресурсів і перспективи їх використання являють собою глобальну проблему, що турбує постійно світову наукову громадськість. Додаткові дослідження й уточнення після 1980 р. під час своєрідної «інвентаризації» світових запасів було визначено, що природного органічного палива повинне хватити на весь ХХІ в. Однак усі ці прогнози дали відчутний поштовх до пошуку поновлюваних енергоресурсів, альтернативних органічному паливу.

Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) являє собою складну та розвинуту систему видобутку природних енергетичних ресурсів, їх збагачення, перетворення у мобільні види енергії і енергоносії, передачі та розподілу, споживання та використання у всіх галузях національного господарства. Об'єднання таких різномірних частин у єдиний національно-господарський комплекс порозумівається їх технологічною єдністю, організаційними взаємозв'язками й економічною взаємозалежністю.

Організаційно комплекс розділяється на галузі, системи та підприємства ПЕК:

- видобувні: вуглевидобуток, нафтовидобуток, газовидобуток, видобуток торфу та сланців, видобуток урану й інших ядерних матеріалів;
- перетворюючі (переробні): вуглепереробка, нафтопереробка, газопереробка,

переробка торфу та сланців, електроенергетика, атомна енергетика, котельні, одержання місцевих енергоносіїв - стиснутого повітря та газів, холоду й т.п.;

- передавальні та що розподіляють: перевезення вугілля, торфу та сланців, нафтопроводи й інші способи транспорту нафти та нафтопродуктів, газопроводи, транспорт газових балонів, електричні мережі, включаючи високовольтні лінії електропередачі (ЛЕП) і низьковольтні розподільні електромережі, паро- і теплопроводи, трубопроводи місцевих енергоносіїв, газобалонне господарство;

- споживання та використання: у всіх галузях національного господарства на технологічні, санітарно-технічні та комунально-битові нужди, поєднані поняттям «Енергетика галузей національного господарства», поділюваної на промислову енергетику, енергетику транспорту, енергетику сільського господарства, комунальну енергетику й т.п.

Монополізм електроенергетики природним образом утрудняє розвиток ринкових відносин між виробниками та споживачами енергії.

## 7.2 Електроенергетична галузь. Електричні станції

Електроенергетика є найважливішою складовою частиною паливно-енергетичного комплексу країни, володіє специфічними рисами, що роблять її несхожою на жодну галузь промисловості. Головними відмінними рисами електроенергетики варто вважати:

- неможливість запасати електричну енергію (у значних масштабах), у зв'язку з чим має місце постійна єдність виробництва та споживання;

- залежність обсягів виробництва енергії винятково від споживачів і неможливість нарощування обсягів виробництва за бажанням і ініціативою енергетиків;

- необхідність оцінювати обсяги виробництва та споживання енергії не тільки в розрахунку на рік, як це робиться для інших галузей промисловості та національного господарства, але й вартісні величини енергетичних навантажень;

- необхідність безперебійності енергопостачання споживачів, що є життєво

важливою умовою роботи всього національного господарства;

- планування енергоспоживання на кожен день та щогодини протягом року, тобто необхідність розробки графіків навантаження на кожний день кожного місяця з урахуванням сезону, кліматичних умов, дня тижня й інших факторів.

Ці специфічні умови породили галузеві традиції в організації електроенергетики, при цьому головною особливістю є створення й функціонування єдиної енергетичної системи країни.

Основою структури електроенергетичної галузі є електричні станції різних типів.

По первинному енергоресурсу, споживаному для виробництва електричної (іноді також і теплової) енергії, електростанції можна підрозділити на: теплові (паливні) - (ТЕС), у тому числі тепло-електроцентралі - (ТЕЦ) і конденсаційні електростанції - (КЕС), атомні - (АЕС), гідравлічні - (ГЕС), інші (сонячні, геотермальні, приливні, вітряні й ін.).

Усі перераховані типи електростанцій володіють різними економічними показниками й тому мають трохи різні галузі застосування. Головними показниками, що визначають всю економіку енергетичного виробництва, є капітальні витрати або для порівняння різних електростанцій питомі капіталовкладення ( $k$ ), грн./КВт, і річні витрати по експлуатації або собівартість виробництва одиниці енергії ( $s$ ), коп./КВт.-год. Усі інші техніко-економічні показники так чи інакше агрегуються саме в цих.

В даний час питомі капіталовкладення в будівництво вугільних електростанцій оцінюються на рівні 1000-1100 долл./КВт; для парогазових станцій - близько 600 долл./КВт.

Собівартість виробництва енергії залежить на 60-80% від вартості спожитого палива (окрім ГЕС). Тому головним показником економічності роботи будь-якої теплової електростанції є питома витрата палива на виробництво та відпустку одиниці енергії.

Для одержання електричної енергії використовують енергію води, вітру, сонця й т.п. Ці види енергії на електростанціях перетворюють в електричну

енергію.

**Електростанцією** називають підприємство, на якому виробляють електричну енергію. Назва електростанції походить від назви виду енергії, що перетворюють в електричну. Наприклад, якщо перетворюють енергію води, то електростанцію називають гідро- чи водяною електростанцією, якщо вітру, то - вітрова, якщо Сонця, то - сонячна, якщо паливо, то - теплова й т.п.

1. Гідроелектростанція (ГЕС) - гідротехнічне спорудження, призначене для перетворення енергії потоку води на електричну.

Складовими частинами ГЕС є гребля, що затримує воду у водоймище, гідротурбіна й електричний генератор. Енергія води, що падає з висоти понад 200 м на лопаті турбіни в електричному генераторі, перетворюється в електричну енергію. Гідроелектростанції є єдиними джерелами енергії, що використовують поновлювані природні енергоресурси - природний річковий водотік.

Окрім ГЕС будують електростанції, що гідроакумулюють, (ГАЕС) - штучні спорудження, створені на височинах над природними водоймами. У час нічного провалу навантаження вони працюють у режимі насосів, закачують воду на верхній б'єф водоймища, а у час піка навантаження спрацьовують цю воду, розвиваючи електричну потужність і виробляючи електроенергію для згладжування добової нерівномірності електроспоживання.

Недоліком великих ГЕС є створення штучних морів, що забирають великі площі часто родючих земель і порушують природну рівновагу.

2. Теплова електростанція. У наш час теплові електростанції (ТЕС) є головним джерелом електроенергії. Дія ТЕС ґрунтується на перетворенні теплової енергії водяної пари чи газу на механічну енергію обертання парової чи газової турбіни, а потім за допомогою електричного генератора - на електричну. У процесі такого подвійного перетворення багато енергії губиться.

Основні частини ТЕС: котельня, парова турбіна та генератор електричного струму. У котельні одержують водяну пару. Для одержання водяної пари у печі згорає паливо. Теплота, виділювана при горінні палива, нагріває воду, що перетворюється в пару. Пару під великим тиском направляють у парову турбіну -

головну частину ТЕС. У турбіні пар розширюється, тиск падає й енергія пари перетворюється в механічну енергію. Парова турбіна надає руху ротору генератора, що виробляє електричну енергію (струм).

Теплоелектроцентрально. У великих містах будують теплоелектроцентралі (ТЕЦ) - це теплова електростанція, що виробляє не тільки електричну енергію, а і теплову у виді гарячої води та пари. На ТЕЦ відпрацьовану пару, що ще має досить великий запас теплової енергії, з парової турбіни направляють до споживача й на станцію не повертають. Це один шлях використання теплової енергії відпрацьованої пари. Існує також інший: пара віддає свою теплоту воді в теплообміннику й вже нагріта вода надходить до споживача, а пару повертають назад у систему. Пару від ТЕЦ передають на кілька кілометрів, а гарячу воду - на кілька десятків кілометрів (30 км і більше).

Використання теплової енергії відпрацьованої пари підвищує коефіцієнт корисної дії станції на 50-60%.

Теплоелектроцентралі забезпечують теплом і гарячою водою житлові та суспільні будинки, а також промислові підприємства.

Теплові електростанції вимагають великої кількості палива (кам'яного вугілля й т.п.), при згоранні якого виділяються шкідливі речовини, що забруднюють навколишнє середовище. Ці електростанції вимагають очисних споруджень.

3. Атомна електростанція (АЕС) - є, власне кажучи, тепловою станцією, у якій пара виходить не при спалюванні палива, а при звільненні внутрішньоатомної енергії; розрізняються по типах ядерних реакторів (у тому числі на швидких чи на повільних нейтронах), потужності та деяким іншим ознакам.

АЕС працюють на ядерному паливі, у якості якого використовують уран-235 (U-235), уран-233 (U-233) і плутоній-239 (Pu-239). Ядерне паливо має теплоту згорання приблизно в 2,5 мільйони разів вище, ніж теплота згорання звичайного органічного палива. 1 кг урану може дати стільки теплоти, скільки може бути отримане при спалюванні від 2,6 до 3,0 тис. т кам'яного вугілля.

Якщо атоми урану бомбардувати нейтронами, то з кожного ядра утвориться по двох осколках та кілька нейтронів. Нейтрони, вдаряючись об інші ядра,

народжують ланцюгову реакцію розподілу нових ядер. Під час розподілу ядер енергія переходить у кінетичну енергію осколків і виділяється у виді теплоти, коли осколки гальмуються в речовині. Цю теплоту використовують для нагрівання води й утворення водяної пари, що надає руху турбіні.

4. Вітрова електростанція. Запаси вітрової енергії безмежні. Дослідження останніх років показали, що вартість виробленої електричної енергії на вітрових електростанціях нижче, ніж на інших. Коефіцієнт корисної дії сучасних вітродвигунів досягає 45%.

Складовою частиною ВЕС є вітрове колесо, що обертається під дією сили вітру. Це колесо розташоване на валу, що передає обертання колеса електричному генератору, де виробляється електрична енергія.

5. Сонячна електростанція. Для одержання водяної пари на сонячній електростанції (СЕС) воду нагрівають енергією Сонця. Пара, утворена в казані в процесі нагрівання води, має температуру 225°C і тиск 2,6 МПа. Цих параметрів досить для руху турбіни та ротора генератора, що завершує цикл перетворення сонячної енергії в електричну.

Сонячна електростанція не забруднює навколишнього середовища, тому за нею майбутнє.

Однак вітряні, сонячні, приливні, біоенергетичні станції не нашли поки ще скільки-небудь істотного застосування в електроенергетиці. Також поки що недоцільно всерйоз говорити про термоядерні електростанції, на шляху створення яких у даний час є дуже великі технічні труднощі. Аналогічне положення виникло з магнітогідродинамічним способом виробництва електроенергії, з так званими МГД-генераторами.

### 7.3 Споживання енергоресурсів в Україні

Основним видом палива, використовуваним українською промисловістю, є природний газ, що порозумівається можливістю його спалювання без попередньої підготовки, а також легкістю доставки до споживача. У технічно розвинених

країнах основним енергоносієм служить нафта. Незважаючи на значні запаси природного газу на Алясці, США дотримують його використання, тому що газ, по-перше, є сировиною для хімічної промисловості, по-друге, його запаси обмежені.

За рахунок власного видобутку Україна забезпечує свої потреби у нафті на 10%, у природному газі - на 20%, інше - імпорт. Частка енергоресурсів у імпорті України складає близько 60%.

Кам'яне вугілля є єдиним енергоносієм, здатним значною мірою покрити потреби енергетики та національного господарства у твердому паливі. Однак для зниження витрат нафти й газу та для заміни їх вугіллям вимагаються величезні інвестиції у вугільну промисловість.

У основному вугільному регіоні України - Донбасі на 38% шахт роботи ведуться на глибині до 1,3 км при температурі 40-50°C; 78% шахт небезпечні по метану; 96% шахт експлуатуються більш, ніж 50 років, а 42% - побудовані до 1917 року. На шахтах застосовуються застаріле устаткування й технології. Трудомісткість видобутку вугілля у Донбасі приблизно в 3 рази вище, ніж у технічно розвинених країнах. Цим порозумівається те, що металурги воліють купувати коксівні вугілля та кокс за рубежем, наприклад, у Польщі.

#### Основні шляхи економії палива та розвитку енергетики України:

- впровадження енергозберігаючих технологій (сьогодні енергоємність української продукції в 3-4 рази вище закордонної). Відповідно до розрахунків Європейського енергетичного комітету, у результаті підвищення ефективності використання енергоресурсів Україна має можливість у 3-4 рази скоротити витрати на нафту й газ та одночасно в 2 рази збільшити національний продукт;

- розширення обсягів видобутку нафти й газу на власній території, насамперед на морському шельфі (розвиток газових і нафтопромислів у Північному морі дозволило Великобританії з імпортера перетворитися в експортера нафти);

- впровадження технологій, що забезпечують більш повну переробку нафти (заміна термічного крекінгу каталітичним дозволяє збільшити вихід бензину з 40-50% до 95% при одночасному поліпшенні його якості);

- впровадження нетрадиційних методів одержання енергії: одержання палива



(спирту) з рослинної сировини, використання енергії Сонця, вітру, морських припливів;

- впровадження автономної енергетики замість централізованої у виді теплофікаційних електростанцій на підприємствах і індивідуальних котельнях у житлових будинках. Досвід Англії, США, Німеччини й інших країн показав, що автономна енергетика, завдяки різкому зниженню втрат тепла при транспортуванні та можливості легкого регулювання дозволяє знизити витрату палива в 2,5–3,0 рази.

## 2 ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

### **1. За даними досліджень людина стала використовувати метали:**

- а) не менш, ніж 10 тис. років тому;
- б) не менш, ніж 12 тис. років тому;
- в) не менш, ніж 16 тис. років тому.

### **2. Виплавка заліза з руди була освоєна:**

- а) у III-I тисячоріччі до н.е.;
- б) у IV-III тисячоріччі до н.е.;
- в) у V-IV тисячоріччі до н.е.

### **3. Сукупність частин (елементів), об'єднаних загальною функцією, називають:**

- а) потоком;
- б) системою;
- в) ланцюгом.

### **4. Під технологією прийнято розуміти:**

а) сукупність прийомів і способів одержання, обробки чи переробки сировини, матеріалів, напівфабрикатів чи виробів, здійснюваних у різних галузях промисловості;

б) частину виробничого процесу, безпосередньо зв'язану з послідовним перетворенням сировини, заготівель у продукт виробництва;

в) немає правильної відповіді.

### **5. За даними архіологічних розкопок людина стала користуватися вогнем:**

- а) близько 1,0 млн. років тому;
- б) близько 1,4 млн. років тому;
- в) близько 0,5 млн. років тому.

### **6. Бронзове століття почалося:**

- а) близько 4 тис. років тому;
- б) близько 7 тис. років тому;

в) близько 10 тис. років тому.

**7. До нової ери людині були відомі:**

а) 5 металів;

б) 7 металів;

в) 10 металів.

**8. Систему організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних, навчально-просвітительських і правових заходів, проведених з метою створення безпечних умов праці на відповідних підприємствах, називають:**

а) технологічною системою;

б) технікою безпеки;

в) системою охорони навколишнього середовища.

**9. Кар'єр відносять до:**

а) геотехнологічному способу видобутку корисних копалин;

б) підземному способу видобутку корисних копалин;

в) наземному способу видобутку корисних копалин.

**10. Гравітаційне збагачення сировини засноване на:**

а) поділі руди, до складу якої входять мінерали, що мають магнітні властивості;

б) різної швидкості падіння шматків мінералів у воді чи повітрі через різну їх щільність;

в) використанні різних поверхневих властивостей мінералів, що складають руду.

**11. До вхідних параметрів моделі технологічного процесу відносять:**

а) склад сировини;

б) домішки, що містяться у сировині;

в) температуру процесу;

г) немає правильної відповіді.

**12. Для внутрішнього облицювання (футеровки) плавильних і термічних печей використовують:**

а) кокс;

- б) флюси;
- в) вогнетривні цегла;
- г) червоний залізняк.

**13. Відповідно до процесів одержання й обробки металу у чорній металургії звичайно розрізняють:**

- а) 5 переділів;
- б) 4 переділи;
- в) 3 переділи;
- г) 2 переділи.

**14. Зонне переплавляння використовують для одержання:**

- а) алюмінію високої чистоти з первинного алюмінію;
- б) глинозему з бокситу;
- в) алюмінію з глинозему.

**15. Дистиляція нафти являє собою процес:**

- а) розщеплення великих молекул вуглеводнів на маленькі;
- б) розподілу нафти на пальні та мастильні фракції;
- в) синтезу вуглеводнів.

**16. Для одержання фасонних заготовель (кувань) застосовують наступні види обробки металів тиском:**

- а) прокатку;
- б) пресування;
- в) кування;
- г) штампування;
- д) волочіння;
- е) правильні відповіді - а), б) і д);
- ж) правильні відповіді - в) і г).

**17. Потужністю пласта називають його:**

- а) кут падіння;
- б) площу поширення;
- в) товщину.

**18. Рекуператором називають:**

- а) теплообмінний апарат, у якому обмінюються теплотою продукція та сировина;
- б) теплообмінний апарат, що складається з однієї чи декількох камер, для уловлювання та використання теплоти газів, що відходять;
- в) теплообмінний апарат, у якому накопичується теплота газів, що відходять з печі.

**19. Значними втратами металу та неоднорідною структурою злитка відрізняється метод розливання сталі:**

- а) у ізложниці;
- б) на машинах безупинного лиття заготівель;
- в) у ковші.

**20. Одержання глинозему по способу Байєра відносять до:**

- а) електротермічних способів;
- б) кислотних способів;
- в) лужних способів.

**21. Спосіб переробки нафтопродуктів, під час якого великі молекули вуглеводнів розщеплюються на маленькі, носить назву:**

- а) дистиляція;
- б) ректифікація;
- в) крекінг;
- г) електроліз;
- д) немає правильної відповіді.

**22. Який спосіб лиття дозволяє одержати метал у виливку щільним і дрібнозернистим та забезпечує зниження собівартості лиття:**

- а) лиття в піщані форми;
- б) відцентрове лиття;
- в) лиття під тиском;
- г) виготовлення виливків у металевих формах.

**23. Електростанція, що виробляє не тільки електричну енергію, а і**

**теплову у виді гарячої води та пари, зветься :**

- а) гідроелектростанція;
- б) теплова електростанція;
- в) сонячна електростанція;
- г) теплоелектроцентрально;
- д) атомна електростанція.

**24. До якої групи заходів техніки безпеки відносять попереджувальні знаки, загородження, сигналізацію (звукову та світлову) і ін.:**

- а) організаційних;
- б) санітарно-гігієнічних;
- в) технічних.

**25. Речовина, що не містить основного компонента корисної копалини, зветься :**

- а) порода;
- б) основний матеріал;
- в) руда.

**26. Агломерацією називають:**

- а) процес одержання грудок зі здрібненої руди, пилу, невеликої кількості глини чи вапняку й води з наступним висушуванням і випалом;
- б) поділ здрібненої сировини на окремі фракції за допомогою решіт;
- в) спікання з продувкою повітрям дрібних порошкових речовин, непридатних для використання, у грудки оптимального розміру.

**27. Флюсами називають:**

- а) матеріали, що утворюють при плавлі шлаки;
- б) кускове, міцне та високопорісте пальне;
- в) матеріали, використовувані для внутрішнього облицювання плавильних і термічних печей.

**28. Хімічна формула глинозему:**

- а)  $Al_2O_3$ ;
- б)  $NaAlO_2$ ;

в)  $Al(OH)_3$ .

**29. Каталізні методи переробки нафти відрізняються від термічних тим, що:**

- а) проходять з меншою швидкістю при низьких температурі й тиску;
- б) проходять з більшою швидкістю при низьких температурі й тиску;
- в) проходять з більшою швидкістю при високих температурі й тиску.

**30. Відцентрове лиття відносять до наступного способу лиття:**

- а) лиття в піщані форми;
- б) спеціальні види лиття;
- в) правильні відповіді - а) і б);
- г) немає правильної відповіді.

**31. Назва електростанції походить від:**

- а) назви виду енергії, що перетворюють в електричну;
- б) назви виду одержуваної продукції;
- в) виду використовуваного устаткування.

**32. Мінерали з малим змістом металів відносять до:**

- а) паливно-енергетичної сировини;
- б) хімічної сировини;
- в) рудної сировини.

**33. До шляхів раціонального використання сировини відносять:**

- а) належний вибір сировини;
- б) якісне збагачення сировини;
- в) узькоспеціалізовану переробку сировини;
- г) реалізацію відходів;
- д) правильні відповіді - а) і б);
- е) правильні відповіді - а), б) і в).

**34. При температурі  $10000^{\circ}C$  протікає наступний спосіб одержання металів і сплавів:**

- а) пірометалургійний;
- б) порошковий;

в) плазмовий.

**35. При моделюванні технологічного процесу на ход технологічного процесу впливають:**

- а) вхідні параметри;
- б) збурювання;
- в) керуючі параметри;
- г) вихідні параметри;
- д) динамічні параметри;
- е) правильні відповіді - а), б) і в);
- ж) правильні відповіді - в), г) і д).

**36. Зміст вуглецю в чавуні складає:**

- а) 2,0-4,3%;
- б) 4,3-5,3%;
- в) до 2,0%.

**37. Для одержання виробів, що мають постійний поперечний розріз (прутки, труби, рейки, листи і ін.), застосовують наступні види обробки металів тиском:**

- а) прокатку;
- б) пресування;
- в) кування;
- г) штампування;
- д) волочіння;
- е) правильні відповіді - в) і г);
- ж) правильні відповіді - а), б) і д).

**38. Спосіб зварювання, при якому між частинами виробу, що з'єднуються, заливають перегрітий рідкий метал, що розчиняє краї з'єднуваних частин і утворює після затвердіння міцний шов, зветься:**

- а) холодне зварювання;
- б) ливарне зварювання;
- в) пайка;



г) ковальське зварювання.

**39. Основними недоліками мартенівського процесу є:**

- а) велика тривалість плавкі;
- б) низька тривалість плавкі;
- в) значна витрата палива;
- г) значна витрата матеріалів;
- д) правильні відповіді - б) і г);
- е) правильні відповіді - а) і в).

**40. Крекінг нафти являє собою процес:**

- а) розщеплення великих молекул вуглеводнів на маленькі;
- б) розподілу нафти на пальні та мастильні фракції;
- в) синтезу вуглеводнів.

**41. Для гостріння зовнішніх і внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь, нарізування зовнішніх і внутрішніх різьблень, підрізання торців застосовують:**

- а) токарську обробку;
- б) фрезерну обробку;
- в) свердлильну обробку;
- г) стругальну обробку.

**42. Перетворення теплової енергії водяної пари чи газу на механічну енергію обертання парової чи газової турбіни, а потім за допомогою електричного генератора - на електричну, відбувається на:**

- а) гідроелектростанціях;
- б) теплових електростанціях;
- в) біоенергетичних електростанціях;
- г) сонячних електростанціях;
- д) на всіх перерахованих.

**43. Результатом оптимізації технологічного процесу може бути:**

- а) мінімальні витрати на матеріали;
- б) найменша кількість зробленої продукції;

- в) зниження якості продукції, що випускається;
- г) найбільша кількість виробленої продукції;
- д) правильні відповіді - а) і б);
- е) правильні відповіді - а) і г);
- ж) правильні відповіді - в) і г).

**44. Який спосіб лиття характеризується нестабільністю та невисокою точністю розмірів виливків, а також високою шорсткістю поверхні та великими припусками на обробку виливків:**

- а) лиття в піщані форми;
- б) відцентрове лиття;
- в) лиття під тиском;
- г) виготовлення виливків у металевих формах.

**45. З метою скорочення трудомісткості складальної стадії в машинобудівному виробництві використовують:**

- а) взаємозамінність деталей і вузлів;
- б) диверсифікованість;
- в) уніфікацію деталей і вузлів;
- г) диференціацію деталей і вузлів;
- д) правильні відповіді - а), б) і г);
- е) правильні відповіді - а) і в).

### 3 ТЕМИ РЕФЕРАТІВ

1. Поняття технологічного процесу, принципи класифікації. Зв'язок технології з економікою.
2. Технологічний процес і його структура.
3. Конструкційні матеріали у машинобудуванні.
4. Ресурсозбереження та енергозбереження у технології.
5. Матеріальні та енергетичні баланси у технологічних процесах.
6. Науково-технічний прогрес і технологія.
7. Сировинна база чорної металургії. Основні вимоги до сировини.
8. Інформаційні технології. Штрихове кодування.
9. Використання новітніх інформаційних технологій у вищій освіті.
10. Технічна підготовка виробництва.
11. Етапи виконання конструкторських робіт.
12. Удосконалення підготовки виробництва.
13. Технологічна характеристика типів виробництва.
14. Оформлення технологічної документації.
15. Технологічні можливості станків з ЧПУ.
16. Характеристики сучасних машин.
17. Виготовлення нерозбірних з'єднань.
18. Нормування технологічного процесу.
19. Проектування технологічних процесів.
20. Рекламні технології.
21. Основи матеріалознавства.
22. Обробка металів різанням.
23. Технології збагачення сировини.
24. Освітні технології.
25. Основні властивості металів і сплавів та способи їх визначення.
26. Корозія металів і сплавів та способи їх захисту.
27. Технології порошкової металургії.

28. Технологія напівпровідникових інтегральних мікросхем.
29. Технологія виробництва магнітних сплавів.
30. Технологія виробництва жаротривких сталей.
31. Технологія виробництва віна.
32. Технології швейної промисловості.
33. Сировинна база чорної металургії. Основні вимоги до сировини.
34. Технологія отримання цементу.
35. Технологія виробництва кондитерських виробів.
36. Ливарне виробництво.
37. Технологія виробництва мороженого.
38. Технологія виробництва хлібобулочних виробів.
39. Технологія виробництва магнію.
40. Технології холодної обробки металів (токарні роботи, шліфування, поліровка, фрезерування).
41. Технологія виробництва автомобілів.
42. Технологія отримання керамічних виробів.
43. Технологія виробництва кремнію.
44. Технологія виробництва пива.
45. Технологія виробництва молочних продуктів.
46. Технології виробництва будівельних матеріалів.
47. Технології отримання електроенергії.
48. Технологія отримання скла.
49. Технології текстильної промисловості.
50. Технологія виробництва паперу.
51. Технологія виробництва легованих сталей.
52. Технологія виробництва титана.
53. Технологія отримання мінеральних добрив.
54. Технологія виробництва конструкційних сталей.
55. Технологія отримання пластмас.
56. Технології шкіряної промисловості.

57. Технологія виробництва полімерів.
58. Технологія отримання теплової енергії.
59. Виробництво продукції хімічної промисловості.
60. Технологія виробництва композитів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аносов Ю.М., Бекренев Л.Л., Дурнев В.Д. и др. Основы отраслевых технологий и организации производства: Учебн. для вузов. / Под ред В.К. Федюкина. – СПб.: Политехника, 2002. – 312 с.
2. Бардина Р.А. Парфюмерия и косметика лучших фирм мира. – М.: АСТ: Олимп, 1998. – 528 с.
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб: Профессия, 2003. – 752 с.
4. Бойко Е.И. и др. Управление техническим развитием производственных систем. - Л.: Вища школа, 1985.
5. Бондаренко А.Д. Технология химической промышленности. - К.: Вища школа, 1982.
6. Брик М.Т. и др. Мембранная технология в промышленности. - К.: Техника, 1990.
7. Веников В.А., Путятин Е.В. Введение в специальность «Электроэнергетика». - М.: Высшая школа, 1988.
8. Волчок И.П., Беликов С.Б. Системы современных технологий: Учебник для студентов экономических специальностей высших учебных заведений. – Запорожье: Изд-во ОАО «Мотор Сич», 2000. – 247 с.
9. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия: Уч. для студ. вузов. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 768 с.
10. Дриц М.Е., Москалев М.А. Технология конструкционных материалов и материаловедение. - М.: Высшая школа, 1990.
11. Дубровська Г.М., Ткаченко А.П. Системи сучасних технологій: Навч. посібник. / За ред. к.т.н. А.П. Ткаченко. – К.: Центр навч. літ-ри, 2004. – 352 с.
12. Жуков М.Ф., Неронов В.А., Лукашов В.П. и др. Новые материалы и технологии: Экстрем. технол. проц. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1992. – 177 с.
13. Збожна О.М. Основи технології: Навч. пос. – Тернопіль: Карт-бланш, 2002. – 486 с.

14. Инженерная защита окружающей среды: Очистка вод. Утилизация отходов. / Под ред. Ю.А. Бирмана, Н.Г. Вурдовой. – М.: Изд-во Ассоциации строит. Вузов, 2002. – 296 с.
15. Калиничев В.А., Буланов И.М. Прогрессивные материалы в машиностроении. - М.: Высшая школа, 1988.
16. Калошин Ю.А. Технология и оборудование масло-жировых предприятий: Учебник для учрежд. нач. проф. образ. – М.: Академия, ИРПО, 2002. – 361 с.
17. Керуючі системи: Навч. пос. для студ. вузів. – К.: Центр навч. літ., 2004. – 216 с.
18. Кутепов А.М. и др. Общая химическая технология. - М.: Высшая школа, 1990.
19. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1990.
20. Мокеев О.К. Полупроводниковые приборы и микросхемы. – М.: Высшая школа, 1987.
21. Основы химической технологии. / Под ред. И.П. Мухленова. - М.: Высшая школа, 1991.
22. Остапчук М.В., Рибак А.І. Система технологій (за видами діяльності): Навчальний посібник. – К.: ЦУЛ, 2003. – 888 с.
23. Петрушевский В.В. и др. Производство сахаристых веществ. - К.: Урожай, 1989.
24. Примаков С.Ф. Производство бумаги. - М.: Лесная пром-сть, 1987.
25. Системы технологий: Учебн. пособие. / Под ред. П.Д. Дудко – Харьков: Изд-во «Бурун Книга», 2003. – 336 с.
26. Технология машиностроения: В 2-х книгах. Уч. пос. для вузов. / Под ред. С.Л. Мурашкина. – К.: Высшая шк., 2003. – кн. 1 – 278 с., кн. 2 – 295 с.
27. Технология машиностроения: Уч. пос. для студ. вузов.: В 2-х томах. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – т. 1 – 563 с., т. 2 – 639 с.
28. Чалых Т.И., Щербакова И.М., Фукина О.В. и др. Технология

производства потребительских товаров: Учебник. – М.: Академия, ч. 1, 2003. – 320 с.

29. Челищев Е.В., Арсентьев П.П., Яковлев В.В., Рыжонков Д.И. Металлургия черных и цветных металлов: Учебник для вузов. - М.: Metallurgy, 1993. – 447 с.

30. Эндерлайн Р. Микроэлектроника для всех. - М.: Мир, 1989.

31. Юркевич В.В., Пакшвер А.В. Технология производства химических волокон.- М.: Химия, 1987.