

Тема 2. Сировинна та паливно-енергетична бази.

Оптимізація технологічних процесів

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.
8. Поняття про оптимізацію.
9. Моделювання технологічних процесів.

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 утратили свої властивості. Наприклад, вироби з металів (праска, каструля й т.п.) утратили 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 (α) 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).

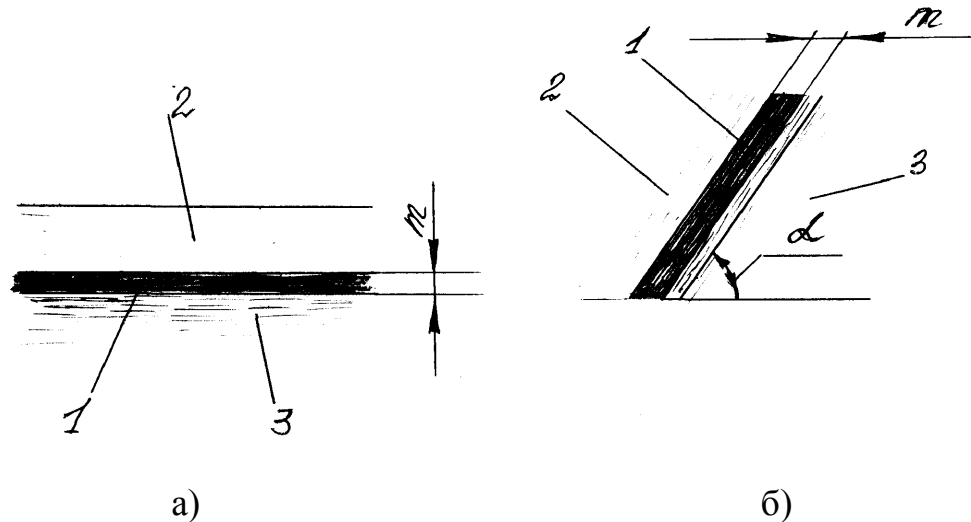


Рисунок 2.1 - Схема пластів (а - горизонтальний; б - похилий) і їх елементів:
1 - шар, 2 - покрівля, 3 - основа, α - кут падіння пласта, m - товщина пласта

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 підготовча робота, що складається з

вирубці 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.

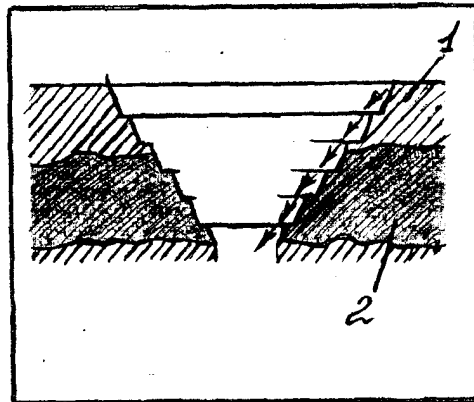


Рисунок 2.2 - Схема поперечного розрізу кар'єру:

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 (α). 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.

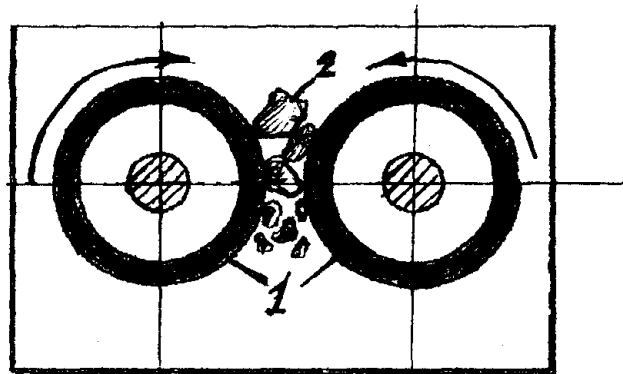
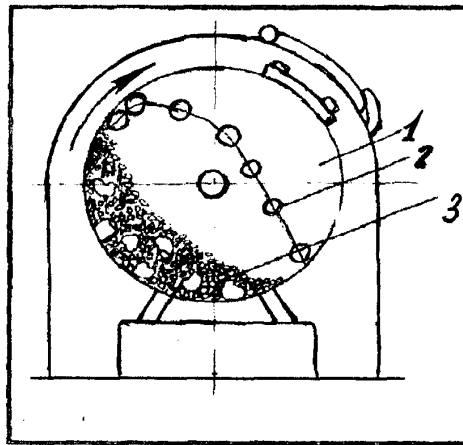


Рисунок 2.3 - Схема дробильних валків, на яких подрібнюють тверду мінеральну сировину:

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

газопроникиність, 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. agglomeratio - 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 м³). 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 $1100-1200^\circ\text{C}$, 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.

2.8 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 заготовок (рисунок 2.5).

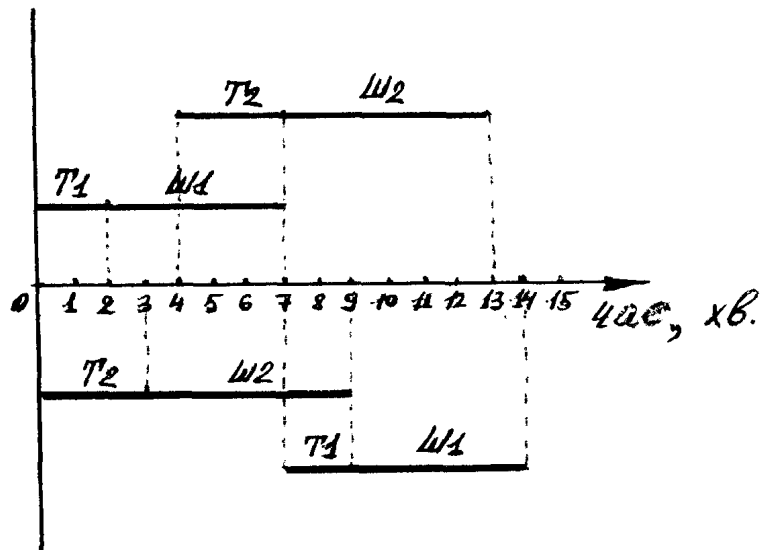


Рисунок 2.5 - Графічне зображення вибору оптимальної послідовності оброблення заготівель

Варіант 1. Виготовлення деталей починаємо з оброблення першої заготівлі. У верхній частині системи координат графічно зобразимо час виконання кожної операції (T_1 , Ш_1 , T_2 , 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 , Ш_2 , T_1 , 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 відливок 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.

2.9 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 2.6).

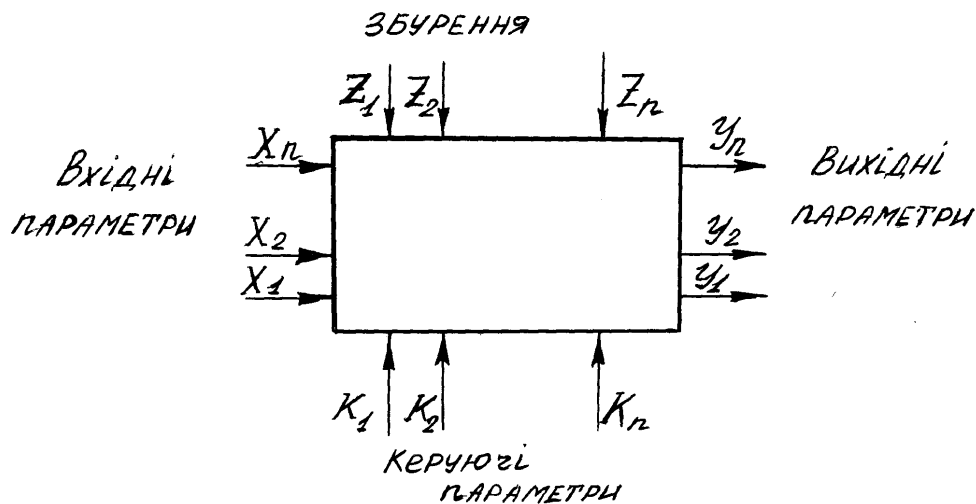


Рисунок 2.6 - Схема технологічного процесу та чинників, які впливають на його хід

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:

$$Y_i = F_i (X_i, Z_i, K_i) \quad (2.1)$$

$i=1 \dots n$

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.