

АПАРАТИ ДЛЯ ВИЛУГОВУВАННЯ

План лекції

- 1 Основні типи апаратів для вилуговування.
- 2 Розрахунок продуктивності апарата для вилуговування.

1 Основні типи апаратів для вилуговування

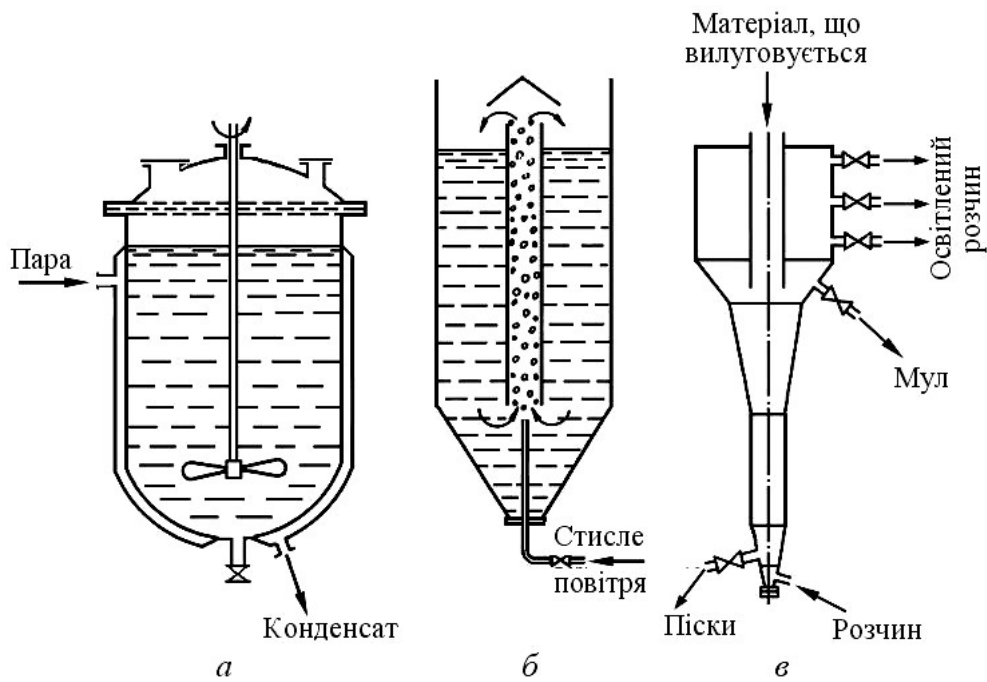
Гідрометалургійні процеси полягають у видобуванні металів із сировини (руд, концентратів, виробничих напівпродуктів і відходів) за допомогою її оброблення рідкими розчинниками з подальшим виділенням металу або його хімічної сполуки.

Призначення апаратів – полегшити контакт між твердим матеріалом і розчином протягом необхідного часу і за оптимальних для вилуговування умов. Тому апарат для вилуговування є реактором з пристроями для перемішування і нагріву пульпи, її завантаження і вивантаження. В реакторах для вилуговування пульпу підігривають або безпосередньою подачею гріючої водяної пари в пульпу (так звана гостра пара), або за допомогою зміювиків чи парових сорочок (так звана глуха пара), якщо розбавлення пульпи конденсатом неприпустимо.

Для вилуговування застосовують перколятори, реактори з механічною мішалкою (агітатори) і пневматичною мішалкою (пачуки), реактори киплячого шару, автоклави та ін. У ряді випадків для вилуговування використовують кульові і стрижньові млини, що діють в замкнутому циклі з класифікаторами. У цих апаратах при заміні води розчином реагенту відбувається одночасно безперервне подрібнення твердого компонента та його вилуговування.

Поширеним типом апаратів для вилуговування є механічний *агітатор* – реактор з механічною мішалкою і паровою сорочкою або зміювиком для обігрівання (рис. 1 а). Діаметр агітаторів, як правило, дорівнює їх висоті. Після вилуговування продукти вивантажуються, і після очищення реактора цикл повторюється. Процес періодичний.

Замість механічного перемішування іноді застосовують аероліфтний пристрій, і такі реактори називають *пачуками* або пневматичними агітаторами (рис. 1 б). Пачуки є циліндричними чанами з конічним днищем (рис. 1 б).



a – агітатор; *б* – пачук; *в* – апарат для вилуговування в киплячому шарі

Рисунок 1 – Схеми апаратів для вилуговування

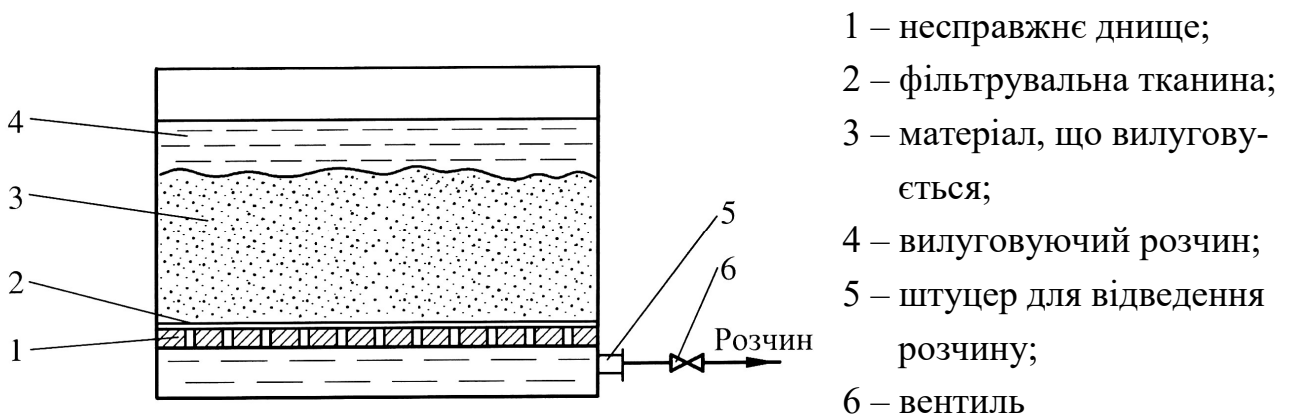


Рисунок 2 – Чан для вилуговування методом перколяції

Висота чана складає 6–10 м, діаметр 3–4 м, робочий об’єм 400–1000 м³. Дно чана виконано конічним для запобігання застою циркулюючої в ньому пульпи. В центрі чана знаходиться вертикальна труба – аероліфт, по якій знизу під тиском 0,20–0,25 МПа подають стисле повітря. При цьому утворюється легка суміш бульбашок повітря і пульпи, яка витісняється знизу важчою пульпою і викидається на поверхню пульпи. Із зовнішнього боку аероліфта важча, не

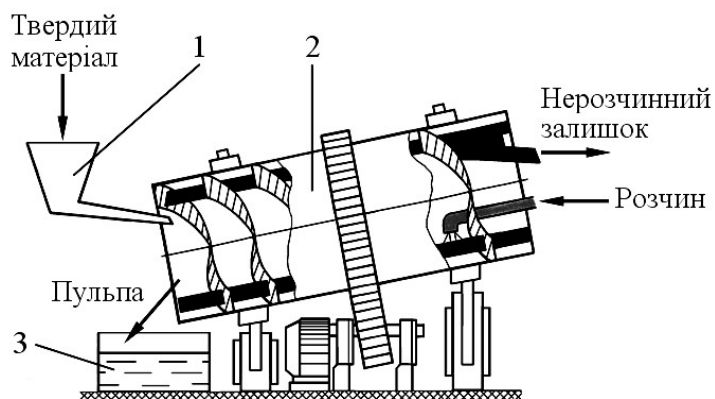
насичена повітрям, пульпа опускається і знову надходить в аероліфт. Внаслідок досягається інтенсивна циркуляція перемішуваної пульпи, яка сприяє перебігу основних процесів вилуговування.

В даний час все більшого поширення набувають високопродуктивні реактори для вилуговування в киплячому шарі – колонні апарати зі змінним перетином по висоті (рис. 1 в). Матеріал, що вилуговується, подається в них зверху, а вилуговуючий розчин – знизу. Під час руху розчину вгору швидкість його поступово зменшується. В результаті частинки твердого матеріалу на певній висоті реактора утворюють чітко виражений “киплячий” шар з інтенсивним масообміном.

Витягання металів з руд, легко доступних вилуговуванню при відносно крупних розмірах частинок, що допускають просочування розчину через значний шар руди, здійснюють в перколяторах – реакторах для вилуговування просочуванням, а також в трубчастих апаратах зі шнеком.

Чаном для перколяції є дерев’яний, металевий або залізобетонний реактор круглої форми заввишки 2–4 м, діаметром 10–12 м і більше (рис. 2). Усередині чана, на днищі знаходиться так зване несправжнє днище, що є дерев’яними ґратами, застеленими фільтрувальною тканиною (полотно або парусина), і прикритими зверху рогожевими або трав’яними матами. Несправжнє днище чана є фільтром. Розчини, що просочуються через нього, збираються на днищі чана і відводяться через патрубок, введений в борт чана.

При вилуговуванні у трубчастому барабані (рис. 3) твердий матеріал за допомогою спірального шнека просувається назустріч вилуговуючому розчину вздовж встановленого похило (під кутом 5°) горизонтального реактора, що обертається. Процес безперервний.



- 1 – бункер;
- 2 – трубчастий барабан зі шнеком;
- 3 – збірник для пульпи

Рисунок 3 – Установа для вилуговування з трубчастим апаратом

Для збільшення швидкості вилуговування шляхом підвищення температури або тиску газоподібного реагенту поширено вилуговування в спеціальних міцних герметичних реакторах – автоклавах (рис. 1.4), виготовлених з товстостінних сталевих листів. Автоклави можуть працювати при температурах до 300 °С і тиску до 8 МПа. Якщо вилуговування здійснюється періодично, то для перемішування автоклави забезпечують мішалками з приводом або застосовують безперервну подачу гострої пари. Якщо ж вилуговування відбувається безперервно в ланцюзі послідовно сполучених апаратів, то пульпа перемішується тільки гострою парою.

Автоклави можна поділити на дві групи:

а) горизонтальні багатокамерні автоклави – реактори, які розділяються перегородками на три...чотири секції, що сполучаються між собою, та мають турбінну мішалку і холодильник-змійовик в кожній секції (рис. 4, а). В них відбуваються процеси за участю газоподібних реагентів, призначення цих автоклавів – забезпечити вищу концентрацію газу в розчині;

б) вертикальні автоклави з обігрівом і перемішуванням гострою парою, в яких здійснюють процеси без участі газоподібного реагенту; їх призначення – забезпечити можливість проведення вилуговування при температурах більше 100 °С (рис. 4, б).

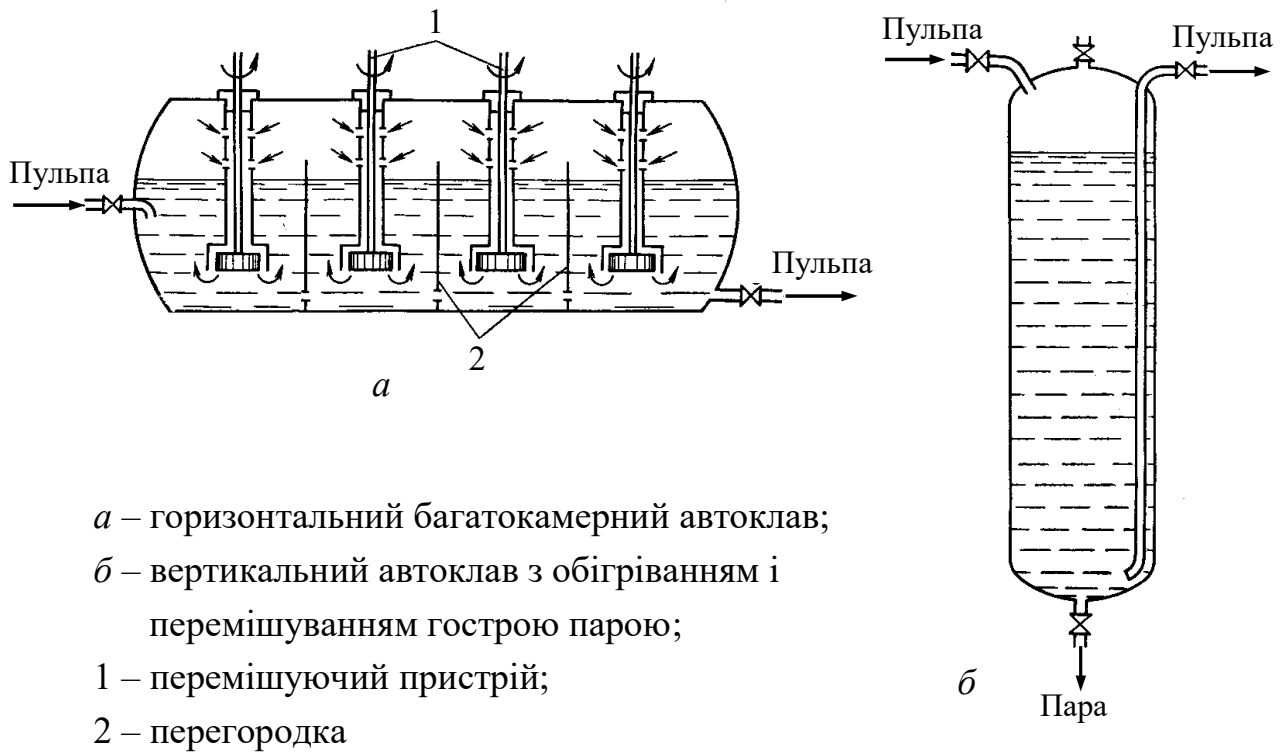
Режими вилуговування. За характером завантаження твердої речовини і рідини в часі розрізняють три режими вилуговування: періодичний, безперервний і напівбезперервний.

При *періодичному режимі* реагуючі речовини одноразово завантажуються в апарат і після певного часу контакту при перемішуванні продукти реакції вивантажуються.

Напівбезперервний режим характеризується одноразовим завантаженням і вивантаженням твердої фази і безперервною подачею і вивантаженням рідкої фази (наприклад, перколяція, купчасте і підземне вилуговування).

При *безперервному режимі* здійснюється безперервна подача в апарат або систему апаратів початкових речовин і безперервне вивантаження продуктів реакції. Використовують проточний апарат або каскад з послідовно сполучених апаратів, в яких здійснюється прямоточне або протиточне вилуговування. При безперервному прямоточному процесі початкові тверда і рідка фази одночасно поступають у перший апарат, проходять послідовно всі апарати каскаду і вивантажуються з останнього. При безперервному протиточному вилуговуванні

твердий матеріал і розчин рухаються назустріч один іншому. Таким чином, матеріал, найбільш збіднений витягуваним компонентом, контактує зі свіжим розчином (рис. 3). З погляду продуктивності процесу це найбільш раціональний спосіб, але його здійснення пов'язане з необхідністю розділяти фільтрацією тверду і рідку фази після кожного апарата.



- a* – горизонтальний багатокammerний автоклав;
- б* – вертикальний автоклав з обігріванням і перемішуванням гострою парою;
- 1 – перемішуючий пристрій;
- 2 – перегородка

Рисунок 4 – Типи автоклавів

2 Розрахунок продуктивності апарата для вилуговування

При розрахунку продуктивності апарата для вилуговування будь-якого типу виходять з певних вимог до ступеня обробки. За заданих умов вилуговування час τ_0 , необхідний для досягнення заданого залишкового вмісту цінного компонента $C_{\text{зал}}$, визначають за кінетичною кривою $F(\tau)$, що виражає залежність вмісту металу, який вилуговується, у твердій фазі від часу.

При корисній місткості апарата V , тривалості вилуговування τ_0 і сумарному часі завантаження, вивантаження і виходу на режим $\Delta\tau$ продуктивність апарата по пульпі, який працює в періодичному режимі, визначають за формулою:

$$\omega = \frac{V}{\tau_0 + \Delta \tau},$$

де ω – продуктивність апарата по пульпі.

Максимальна продуктивність такого ж апарата, але безперервної дії, при заданому залишковому вмісті витягнуваного металу в твердій фазі $C_{\text{зал}}$ дорівнює:

$$\omega = \frac{V \cdot C_{\text{зал}}}{\int_0^{\tau_0} F(\tau) d\tau},$$

де τ_0 – час повного вилуговування;

$F(\tau)$ – функція, що відображає залежність залишкового вмісту металу в твердій фазі від тривалості вилуговування.

Методи вилуговування. Вибір методу вилуговування визначається характером руди і здатністю цільового компонента розчинятися в тому або іншому розчиннику. До основних методів відносяться вилуговування просочуванням (перколяція), бактеріальне вилуговування, підземне і купчасте вилуговування руди у відвалах і купах, агітаційне вилуговування (вилуговування перемішуванням), автоклавне вилуговування (вилуговування в автоклавах під тиском).

Вилуговування просочуванням (перколяція). Матеріал, що підлягає вилуговуванню, завантажують в чан з несправжнім днищем, покритим фільтрувальною тканиною (рис. 2). Розчин, що подається зверху, просочується через матеріал. Зазвичай чани працюють за принципом протитечії: свіжий матеріал завантажують в останній чан, слабкий розчин подають в перший чан, а потім перекачують в другий, третій і так далі до останнього, звідки відводять міцний розчин. Після закінчення вилуговування чани розвантажують і приступають до завантаження свіжої порції руди.

Перевагами методу є невелика витрата розчинника, можливість отримання концентрованих розчинів і відсутність дорогих операцій згущення і фільтрування. Процес придатний для пористих і зернистих матеріалів і не застосовується для матеріалів, схильних до злежування і утворення шару, що не фільтрується.