

**Л. О. ВЕНГЕР, І. М. СВЯНТКО, Я. М. ГУМНИЦЬКИЙ (УКРАЇНА, ЛЬВІВ)
АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ЕКСТРАГУВАННЯ З ТВЕРДОЇ ФАЗИ
В УМОВАХ ВАКУУМУВАННЯ СИСТЕМИ**

*Національний університет «Львівська політехніка»
79013, вул. С.Бандери, 12, Львів, Україна; ljuvenger77@gmail.com*

Extraction from the solid phase belongs to the diffusion processes in the solid-liquid system and is widely used in the chemical, food, pharmaceutical industries, as well as in hydrometallurgy and industry. The rate of extraction is mainly limited by the internal diffusion of components, which is characterized by low values of the mass transfer coefficients.

Процес екстрагування цільових компонентів з твердої фази широко використовується в харчовій, хімічній, гірничо-хімічній, фармацевтичній, гідрометалургійній та інших галузях промисловості. У багатьох випадках екстрагування є важливим технологічним процесом, який визначає техніко-економічні показники виробництва в цілому. Через те, що екстрагування, зазвичай, є першою стадією багатьох технологічних процесів і обсяги виробництва є великими, апарати для його здійснення є громіздкими і вимагають для їх створення і експлуатації значних капітальних та енергетичних затрат.

У більшості випадків швидкість екстрагування лімітується внутрішньою дифузійною з низькими значеннями коефіцієнтів масоперенесення, тому інтенсифікація цих процесів має велике значення. Для інтенсифікації екстрагування використовуються різні методи. Проте найбільш перспективним і найменш вивченим є метод екстрагування з твердої фази при кипінні рідини під вакуумом.

Суть процесу інтенсифікації в цьому випадку полягає в генерації парової фази у вигляді бульбашок на поверхні твердих частинок, що спричиняє руйнування пограничного шару на їх поверхні, інтенсивно перемішує рідину біля твердої фази і, як наслідок, значно збільшує коефіцієнт масовіддачі до екстрагенту.

Ще більший вплив парової фази проявляється у поровому просторі твердої частинки. У процесі зародження та росту парових бульбашок відбувається їх гідродинамічна дія на рідину, що знаходиться у капілярі, при цьому вона витісняє багату на цільовий компонент рідину у зовнішню рідинну фазу, а її місце займає рідина з низькою концентрацією компоненту. Це значно прискорює внутрішньо-дифузійне перенесення маси за рахунок створення високих градієнтів концентрацій, що призводить до нестационарних умов проведення масообміну, які відзначаються високими коефіцієнтами масоперенесення.

Крім того, кипіння рідини під вакуумом забезпечує випаровування значної кількості екстрагента з розчину, що призводить до суттєвого зменшення енергетичних затрат на подальшій стадії концентрування. Збільшення ефективних коефіцієнтів дифузії в умовах вакуумування дозволяє також значно знизити енергетичні затрати на подрібнення і помел твердої фази, що надходить на екстрагування.

Проведено аналіз процесів масообміну при екстрагуванні в умовах вакуумування на основі теорії нестационарних явищ. Дослідженням екстрагування на одиночних капілярах встановлено наявність та розміри двох зон: конвективної та молекулярної дифузії. В умовах вакуумування зона конвективної дифузії збільшується приблизно в 3 рази порівняно з екстрагуванням при механічному перемішуванні системи.

Дослідження показали, що вакуумування системи при екстрагуванні дозволяє знизити енергетичні затрати, пов'язані з подрібненням сировини. Запропонований метод дає можливість зменшити енергетичні витрати на подрібнення сировини за рахунок збільшення глибини зони конвективного масопереносу всередині твердої фази. Метод може бути використаний також для інтенсифікації вилучення важких металів із шлаків гальванічних виробництв, що дозволяє ефективно утилізувати шкідливі компоненти, які забруднюють навколишнє середовище.

Результати досліджень мають практичне значення для проектування екстракційної апаратури в різних галузях промисловості.