

УДК 622.694.4

І.О. Осташко, Б.В. Виноградов

КІНЕТИКА ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ТВЕРДИХ ЗАЛИШКІВ ПІРОЛІЗУ У ВІДЦЕНТРОВОМУ МЛИНІ ТА РОТОРНОМУ АПАРАТІ

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпропетровськ

У статті розглянуто кінетику подрібнення твердих залишків піролізу зношених автомобільних шин у двох типах молільного обладнання: відцентровому млині та роторному апараті. Досліджено закономірності подрібнення та отримано константи кінетичних рівнянь.

Вступ

Накопичення великої кількості зношених автомобільних шин, що не піддаються природній деструкції, є однією з основних проблем для екології та суспільства [1]. Між тим зношені шини є потенційно цінним енергетичним ресурсом при їх утилізації методом піролізу. У результаті піролізу одержують металобрухт, рідкий, газоподібний та твердий продукт. Рідкий і газоподібний продукти застосовуються в якості палива, а твердий продукт при достатньому ступені подрібнення може бути використаний як технічний вуглець у промисловості. Тому однією з актуальних проблем є задача подрібнення твердого залишку піролізу зношених (ТЗП) автомобільних шин. Особливу наукову цінність становить дослідження кінетики процесу подрібнення ТЗП у молільному обладнанні. Кінетичні залежності дозволяють визначити ефективність обладнання для подрібнення, час подрібнення при заданому класі та енергетичні витрати [2].

Попередні дослідження показали, що доцільним обладнанням для подрібнення ТЗП сухим способом є відцентровий млин, а вологим способом та для створення гомогенних сумішей є роторно-імпульсний апарат (PIA) [3,4]. Тому метою даної роботи є дослідження кінетики подрібнення та визначення коефіцієнтів кінетичних рівнянь при подрібненні у відцентровому млині та роторно-імпульсному апараті.

Методика та результати досліджень

Дослідження виконувались на лабораторному відцентровому млині, схема якого наведена на рис. 1.

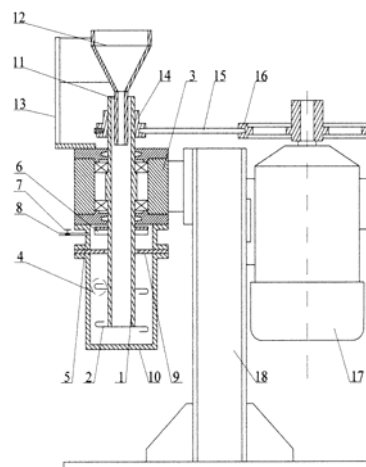


Рис. 1. Схема лабораторного відцентрового млина: 1 – вал млина; 2 – робочий орган; 3 – корпус підшипникового вузла; 4 – корпус молільної камери; 5 – равликів корпус; 6 – крильчатка; 7 – вентиль; 8 – вихідний патрубок; 9 – диск; 10 – корпус молільної камери; 11 – завантажувальна воронка; 12 – верхній рівень завантажувальної воронки; 13 – стояк для воронки; 14 – шків млина; 15 – пас; 16 – шків двигуна; 17 – двигун; 18 – опорний стояк

Вихідним матеріалом для подрібнення був твердий залишок піролізу зношених автомобільних шин попередньо відділений від металевих кордунів з розміром часток 25–40 мм. Гранулометричний склад подрібненого продукту піролізу зношених шин визначався лазерно-дифракційним методом. Гранулометричний склад подрібненого ТЗП у відцентровому млині наведений на рис. 2.

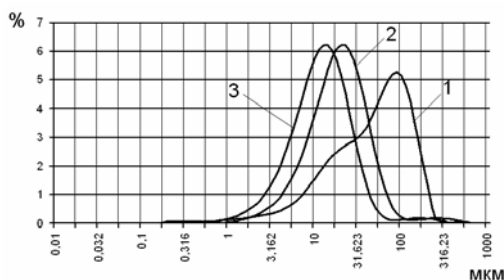


Рис. 2. Зміна гранулометричного складу ТЗП у відцентровому млині під час подрібнення: 1, 2, 3 – дві, чотири та шість хвилин подрібнення, відповідно

Загальна формула кінетики подрібнення має вигляд [5]:

$$R_x(t) = R_{100-x} \cdot k_0^{t^m}$$

де R_x – кількість класу крупнішого за заданий, %; R_{100-x} – кількість класу крупнішого за заданий у вихідному матеріалі, %; k_0 – константа, що характеризує відносну швидкість подрібнення; m – параметр, що характеризує зміну відносної швидкості подрібнення; t – час подрібнення, хв.

Розглянемо випадок, коли цільовими класами будуть продукти подрібнення твердого залишку піролізу з розмірами часток рівних і менше 10 мкм. При цільовому класі 10 мкм, значення констант у рівнянні будуть наступні: $R_{100-x} = 100\%$; $k_0 = 0,897$; $m = 0,59$. Для інших цільових класів значення констант наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Значення кінетичних параметрів для різних класів продуктів подрібнення ТЗП у відцентровому млині

Клас, мкм	R_{100-x} , %	k_0	m
≤10 мкм	100	0,897	0,59
≤40 мкм	100	0,69	0,39
≤70 мкм	100	0,58	0,33
≤100 мкм	100	0,43	0,27

Криві, що відображають кінетику подрібнення у відцентровому млині та в РІА для класу менше 10 мкм, наведені на рис. 3.

З аналізу рис. 3 видно, що для досягнення порядку 90% готового продукту класу менше 10 мкм необхідно подрібнювати матеріал у відцентровому млині протягом 9 хв. Також з кінетичних залежностей видно, що найбільш доцільним є неперервний процес подрібнення з видаленням готового класу із зони подрібнення. При задано-

му класі в 10 мкм концентрація готового класу в матеріалі не повинна перевищувати 52%.

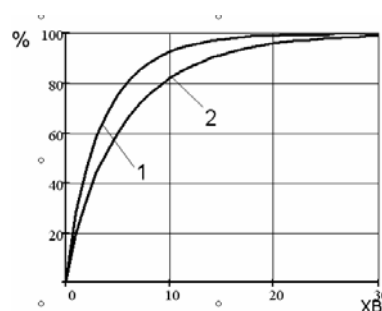


Рис. 3. Кінетичні залежності подрібнення ТЗП для класу 10 мкм: 1 – у РІА, 2 – у відцентровому млині

Схема лабораторного РІА наведена на рис. 4.

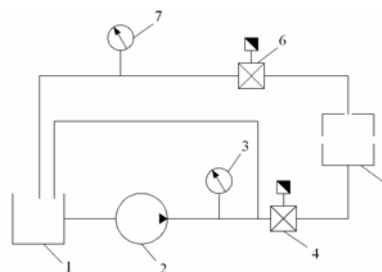


Рис. 4. Схема лабораторного РІА: 1 – бак; 2 – відцентровий насос; 3 – манометр; 4, 6 – регулюючий дросель; 5 – роторно-імпульсний апарат; 7 – манометр

Попередньо ТЗП був механічно подрібнений до розмірів менших 100 мкм оскільки зазор між ротором та статором на лабораторній установці РІА виконано саме 100 мкм. Початковий гранулометричний склад ТЗП у суміші, визначений ситовими методами, наведений у табл. 2.

Вибір оптимального режиму роботи РІА виконувався з позиції визначення режиму, в якому процес кавітації буде найбільш інтенсивним. Підбір режиму виконувався за допомогою дроселів на вході та виході з РІА. Критерієм інтенсивності кавітації був максимальний перепад тиску на апараті. Відповідно до цього критерію був обраний режим роботи, відповідно до якого перепад тиску на РІА склав 0,15 МПа, а продуктивність склала $1,6 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таблиця 2

Гранулометричний склад вихідного ТЗП у суміші

Діапазони крупності	Масова частка, %	Маса, г
100–80 мкм	35,7	714
80–60 мкм	32,6	652
60–40 мкм	24,1	482
<40 мкм	7,6	152

У лабораторних умовах був реалізований замкнений цикл оброблення суміші протягом 16 хв.

Виходячи з продуктивності апарата можна зазначити, що матеріал, який піддавався подрібненню, пройшов 35 циклів оброблення в РІА.

У результаті оброблення матеріалу в РІА спостерігався процес флотації, тобто на поверхні гетерогенної суміші утворилася статично стійка піна, що складалася з найдрібніших частинок подрібненого ТЗП.

Гранулометричний склад ТЗП після оброблення в РІА, визначений лазерно-дифракційним методом, надано на рис. 5.

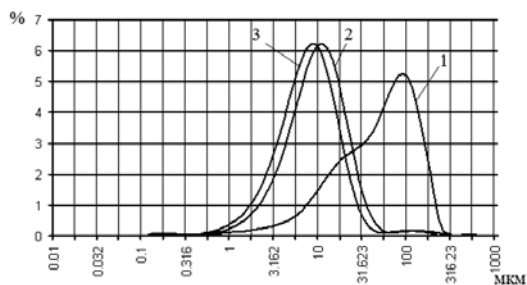


Рис. 5. Зміна гранулометричного складу в РІА ТЗП після 16 хв оброблення: 1 — вихідний матеріал; 2 — у гомогенній суміші; 3 — піна

Аналіз графіка рис. 5 показує, що близько 88% продукту диспергування в РІА складає 15 мкм і менше, а матеріалу <40 мкм — 98%, у той час як у вихідному матеріалі 40 мкм і менше складало лише 7,6%.

Висновки

1. У результаті виконання дослідницької роботи отримано залежності зміни гранулометричного складу твердого залишку піролізу зношених шин під час подрібнення у відцентровому млині, а також у роторному апараті.

2. Отримано значення констант рівняння кінетики подрібнення твердого залишку піролізу у відцентровому млині та роторному апараті для класу менше 10 мкм.

3. Встановлено, що найбільш доцільним є неперервний процес подрібнення з видаленням готового класу менше 10 мкм, при його концентрації в молотній камері на рівні не більше 52%.

4. Додаткове подрібнення ТЗП у роторно-імпульсному апараті несуттєво впливає на гранулометричний склад готового продукту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Систер В.Г., Мирный А.Н. Современные технологии обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов. — М.: Акад. коммун. хоз-ва им. К.Д. Памфилова, 2003. — 304 с.
2. Виноградов Б.В., Осташко И.А. Об энергетических характеристиках центробежных мельниц с S-образным рабочим органом // Вістник НТУ «ХПІ». — 2009. — № 25. — С.164-169.
3. Виноградов Б.В., Осташко И.А., Емельяненко В.И. Измельчение твердых остатков процессов пиролиза изношенных автомобильных шин в центробежных мельницах // Вопр. химии и хим. технологии. — 2009. — № 2. — С.159-161.
4. Лейдлер К. Кинетика органических реакций: Пер. с англ. — М.: Мир, 1966. — 349 с.
5. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А. Закономерности измельчения и исчисление характеристик гранулометрического состава. — М: Металлургиздат, 1959. — 437 с.

Надійшла до редакції 11.03.2013