

ГІДРАВЛІЧНА СЕПАРАЦІЯ ПОЛІМЕРНИХ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто проблему гідросепарації вторинних полімерів. Розроблено математичну модель процесу, проаналізовано умови занурення полімерів у воду та їх відокремлення від інших твердих побутових відходів.
Ключові слова: гідросепарація, полімери, тверді побутові відходи, занурення полімерів.

© Коваленко І. В., Надолинський О. В., 2014.

Постановка задачі. Гідросепарація – спосіб розділення твердих побутових відходів (ТПВ) на складові за допомогою води, що є природним нейтралізатором запахів. Завдяки гідросепарації, можна переробити до 85 % несортованих відходів.

Метою статті є вивчення гідросепарації, за якої полімерні матеріали відсортовують із загальної маси відходів, додаючи до води повітря, що змінює її густину, з одержанням водно-повітряної суміші, у якій полімери не вспливають на поверхню, а починають осідати, оскільки їхня густина виявляється більшою.

Результати досліджень та їх аналіз. Якщо тверда частинка перебуває в рідкому середовищі, її рух відбувається під дією сили тяжіння G , прикладеної до центра мас і спрямованої вертикально вниз, сили Архімеда A , прикладеної до центра мас і спрямованої вертикально вверх, та сили опору F , прикладеної до поверхні частинки і спрямованої в бік, протилежний вектору швидкості осідання (рис. 1).

Розглянемо модель взаємодії твердої частинки і рухомого середовища, припустивши, що вектор руху зріджувального агента є протилежним до вектора сили тяжіння, а сила опору F спрямована протилежно до сили тяжіння G і визначається як $F = f(W_0)$ [2]. Сила тяжіння для твердої частинки $G = V\rho_{\text{ТВ}}g = l_{\text{сеп}}^2 h\rho_{\text{ТВ}}g$, де h – товщина твердої частинки, м; $\rho_{\text{ТВ}}$ – густина полімеру, кг/м^3 ; g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ; $l_{\text{сеп}} = (l_1 + l_2 + l_3)/3$ – середній розмір частинки, м; l_1, l_2, l_3 – розміри будь-якої частинки в трьох взаємно перпендикулярних вимірах, м. Сила Архімеда $A = V(\rho_{\text{р}} + \rho_{\text{г}})g = l_{\text{сеп}}^2 h(\rho_{\text{р}} + \rho_{\text{г}})g$, де $\rho_{\text{р}}, \rho_{\text{г}}$ – густини рідини і газу, кг/м^3 . Сила опору середовища $F = \psi\rho_{\text{р}}l_{\text{сеп}}^2 W_0^2/2$, де ψ – коефіцієнт опору; W_0 – швидкість осадження, м/с. Рівнодійна сила в загальному випадку $R = ma = V\rho_{\text{ТВ}}dW_0/d\tau = l_{\text{сеп}}^2 h\rho_{\text{ТВ}}dW_0/d\tau$.

Оскільки $R = G - A - F$, $h\rho_{\text{ТВ}}g - h(\rho_{\text{р}} + \rho_{\text{г}})g - \psi\rho_{\text{р}}W_0^2/2 = h\rho_{\text{ТВ}}dW_0/d\tau$. Розділимо усі доданки на праву частину останнього рівняння і помножимо їх на безрозмірний комплекс $\rho_{\text{ТВ}}/\rho_{\text{г}}$:

$$g \frac{\rho_{\text{ТВ}}}{\rho_{\text{г}}} \frac{d\tau}{dW_0} - g \frac{\rho_{\text{ТВ}}}{\rho_{\text{г}}} \frac{(\rho_{\text{р}} + \rho_{\text{г}})}{\rho_{\text{ТВ}}} \frac{d\tau}{dW_0} - \frac{\rho_{\text{ТВ}}}{\rho_{\text{г}}} \frac{\psi\rho_{\text{р}}}{h\rho_{\text{ТВ}}} \frac{W_0^2}{2} \frac{d\tau}{dW_0} - \frac{\rho_{\text{ТВ}}}{\rho_{\text{г}}} = 0.$$

Розглянемо третій доданок. Skorиставшись теорією подібності, вилучимо символи диференціювання, і, виразивши $\tau/l_{\text{сеп}} = 1/W_0$ [2], одержимо:

$$\left[\rho_{\text{ТВ}} - (\rho_{\text{р}} + \rho_{\text{г}}) \right] \frac{gl_{\text{сеп}}}{W_0^2} - \frac{\psi\rho_{\text{р}}}{h} \frac{l_{\text{сеп}}}{2} - \rho_{\text{ТВ}} = 0,$$

звідки швидкість осадження $W_0 = \sqrt{\frac{gl_{\text{сеп}}(\rho_{\text{ТВ}} - \rho_{\text{зв}})}{\frac{\psi\rho_{\text{р}}l_{\text{сеп}}}{2h} + \rho_{\text{ТВ}}}}$, де $\rho_{\text{зв}} = \rho_{\text{р}} + \rho_{\text{г}}$ – густина, потрібна для осадження частинок.

Щоб знайти W_0 , потрібно знати коефіцієнт опору, який залежить від режиму обтікання частинки. Експериментальним шляхом було одержано залежність $\psi Re^2 = f(Re)$ за умови $G = F$ (рис. 2). При цьому $Re = l_{\text{сеп}}W_0\rho_{\text{зв}}/\mu_{\text{зв}}$, а $\psi Re^2 = 4l_{\text{сеп}}^2\rho_{\text{ТВ}}(\rho_{\text{ТВ}} - \rho_{\text{зв}})g/(3\mu_{\text{зв}}^2)$. Коефіцієнт $4/3$ у цьому виразі відповідає частинкам кулеподібної форми, але на практиці замість нього краще використовувати коефіцієнт 0,523 [1].

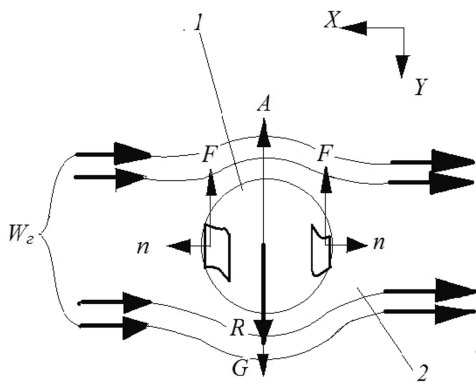


Рис. 1 – Схема взаємодії зріджувального агента 2 і твердої частинки 1

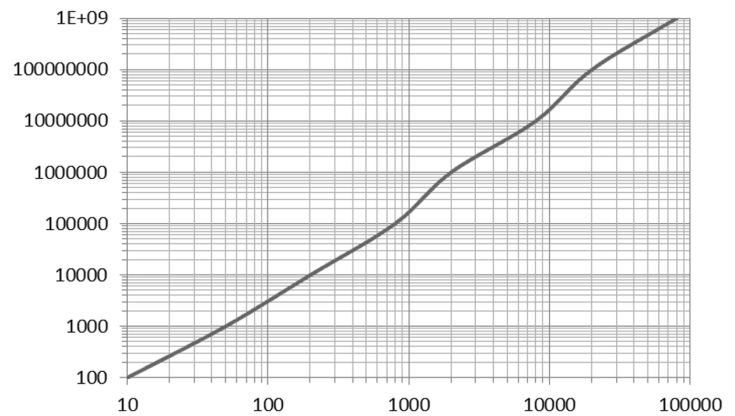


Рис. 2 – Залежність $\psi Re^2 = f(Re)$

Знаючи швидкість осадження, можна визначити розміри гідросепаратора.

Припустимо, що він є паралелепіпедом, а відходи подають крізь передню вертикальну грань площею $f = HB$ (рис. 3). Частинка, що перебуває в точці 1, рухається зі швидкістю, що має горизонтальну складову W_r і вертикальну W_0 . З огляду на те, що тривалість перебування частинки в камері гідросепарації має перевищувати тривалість осадження, довжина гідросепаратора $L = HW_r/W_0$.

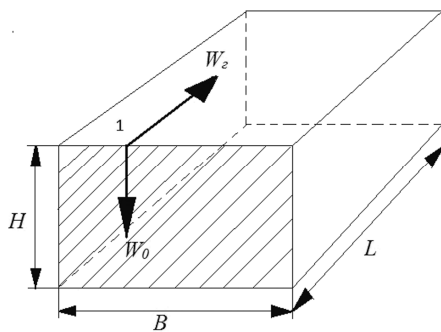


Рис. 3 – Схема гідросепаратора

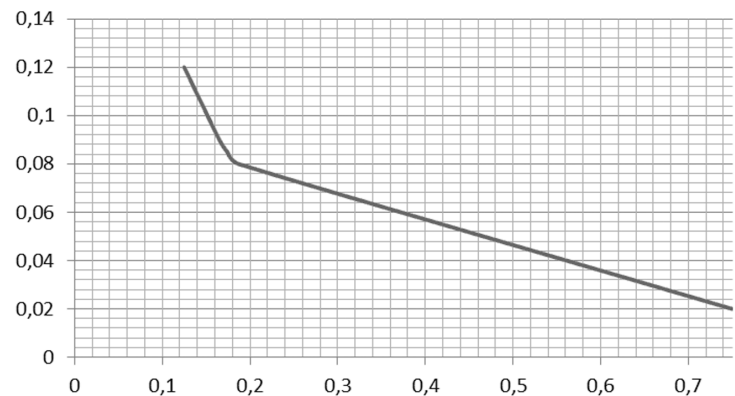


Рис. 4 – Швидкості осадження частинок, м/с, за різних довжин гідросепаратора, м

Висновки. Проведені розрахунки дають можливість спроектувати камеру гідросепарації необхідної довжини, а також визначити тривалість осадження полімерних матеріалів у суміші води з повітрям.

Список використаної літератури

1. Коваленко І. В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. – К. : Інрес: Воля, 2006. – 264 с.
2. Процеси та обладнання хімічної технології / Я. М. Корнієнко, Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульонюк та ін. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – Ч. 2. – 416 с.

Надійшла до редакції 05.04.2014

Kovalenko I. V., Nadolynskyi O. V.

HYDRAULIC SEPARATION OF POLYMER PACKAGING MATERIALS

Hydraulic separation is a way of separating solid waste (MSW) into components with water. The technology is cheaper than incineration, with relatively rapid deployment. With the technology of hydro solid waste can be recycled up to 85 % of unsorted waste, which then will be used to rework both recyclables and organic waste – production of biogas and electricity.

For hydraulic sorting of solid waste using water, which is a natural odor neutralizer. Originally unsorted waste coming into the emergency department, equipped with exhaust fans. They were then passed through a stream of water where organic and inorganic components are separated by gravity regulate water flow.

The purpose of this paper is the problem of sorting waste by hydro polymer material in which plastics are sorted from the total weight of waste by adding air to the water, which changes its density, resulting in getting water-air mixture in which the polymers are not emerges the surface, and begin to settle, as their bulk density greater than the density of the resulting mixture.

Ten years ago, the term hydraulic separation was very new to the vocabulary used in the North American hydronics market. Back then the contemporary topic being discussed and applied was primary/secondary piping. The idea

being that several loads, each served by its own secondary circuit and associated circulator, could be connected to a common primary loop, with its own circulator. The «magic» of closely-spaced tees is what prevented the flow rate in any of these circuits from interfering with the flow rate in the others.

In essence, that is what hydraulic separation is: the ability of two or more circulators within the same piping system to simultaneously operate without interfering with each other.

Keywords: *hydraulic separation, plastics, municipal solid waste, diving polymers*

References

1. *Kovalenko I. V. Osnovni protsesy, mashyny ta aparaty khimichnykh vyrobnytstv [The basic processes, machines and equipment for chemical production] / V. V. Malynovskyi. – K. : Inres : Volia, 2006. – 264 s.*
2. *Protsesy ta obladnannia khimichnoi tekhnolohii [Processes and equipment of chemical technology] / Ya. M. Korniienko, Yu.Yu. Lukach, I. O. Mikulionok ta in. – K. : NTUU «KPI», 2011. – Ch. 2. – 416 s.*