

УДК.664:620

ІНТЕНСИВІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЕМУЛЬГУВАННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДІАПАЗОНУ

Борохов І.В., к.т.н.

e-mail: bivrabota@gmail.com

Репешко В.С., студент 11СЕЕ

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Власой І. Д.

e-mail: izmaqrotex@ua.fm

Ізмаїльський агротехнічний коледж

Актуальність та постановка проблеми. Одним з перспективних фізичних методів впливу на речовини для інтенсифікації технологічних процесів є метод, заснований на використанні механічних коливань ультразвукового діапазону - так званих ультразвукових (УЗ) коливань. Найбільш успішно УЗ коливання використовуються в процесах, пов'язаних з рідкими станами реагентів, оскільки тільки в них виникає специфічний процес - УЗ кавітація, що забезпечує максимальні енергетичні впливи на різні речовини [1]. Вплив УЗ коливань на різні технологічні процеси в рідких середовищах дозволяє: прискорити процеси, що протікають між двома або декількома неоднорідними середовищами, збільшити вихід корисних продуктів і придати їм додаткові властивості; одержати нові речовини, а також реалізувати технологічні процеси, які неможливо реалізувати традиційними методами [2].

Основні матеріали. Найважливішою характеристикою УЗ коливальних систем є резонансна частота. Обумовлено це тим, що ефективність технологічних процесів визначається амплітудою коливань (значень коливальних зсувів), а максимальні значення амплітуд досягаються при збудженні УЗ коливальної системи на резонансній частоті.

УЗ коливання високої інтенсивності в технологічних апаратах створюються за допомогою магнітострикційних і п'єзоелектричних перетворювачів.

Магнітострикційні перетворювачі здатні забезпечити великі потужності випромінювання УЗ коливань, однак вимагають застосування примусового водяного охолодження. П'єзокерамічні матеріали характеризуються дуже високою робочою температурою (більш 200°C) і тому використовуються без примусового охолодження.

Перетворювачі потужністю до 1 кВт, як правило, виготовляються зі штучних п'єзокерамічних матеріалів на основі цирконата-титанату свинцю з різними добавками. Сучасні п'єзокерамічні матеріали, створені спеціально для використання у високо інтенсивних технологічних установках. По своїм характеристикам потужності вони не уступають магнітострикційним матеріалам, а по ККД значно перевершують їх.

Крім того, з п'єзокераміки можуть бути виготовлені п'єзоелементи практично будь-якої форми - круглі диски, квадратні пластини, кільця й ін. Оскільки п'єзокерамічні елементи при виготовленні піддаються спеціальній технологічній операції - поляризації в електричному полі з напруженістю близько 5 кВ/мм, виготовлення п'єзоелементів діаметром більш 70 мм і товщиною більш 30 мм технологічно неможливо і тому на практиці вони не застосовуються.

В УЗ коливальних системах, виконаних на основі п'єзокерамічних матеріалів застосовуються перетворювачі типу "сендвіч". Такі перетворювачі складаються з двох металевих накладок циліндричної форми, між якими

закріплений активний елемент із п'єзокераміки. Металеві накладки діють як додаткові маси і визначають резонансну частоту перетворювача. Збудження активного елемента здійснюється таким чином, що вся система працює як напівхвильовий резонансний перетворювач.

Тому необхідно виконувати УЗ коливальну систему у вигляді тіла обертання з двох накладок і двох п'єзоелектричних елементів, розташованих між цими накладками, так що утворююча тіла обертання виконана у вигляді безперервної кусочно-гладкої кривої, що складається з трьох ділянок [3]. Перша ділянка – циліндрична, довжиною i_1 , друга – експонентна, довжиною i_z , третя – циліндрична, довжиною i_2 . П'єзоелектричні елементи розташовані між експонентною ділянкою і торцем накладки, що відбиває, а довжини ділянок відповідають наступним умовам:

$$i_1 = k \left[\frac{c_1}{W} - 2h \left(\frac{c_1}{c} + 1 \right) \right], \quad (7)$$

$$i_z = \ln(N), \quad (8)$$

$$i_2 = k \frac{c_2}{W}, \quad (9)$$

де c_1, c_2 - швидкості поширення ультразвукових коливань у матеріалах накладок, м/с;

c - швидкість поширення ультразвукових коливань у матеріалі п'єзoeлемента, м/с;

$w/2p$ - робоча частота коливальної системи, Гц;

d - товщина п'єзoeлемента, м;

k - коефіцієнт, вибраний з умови забезпечення необхідного коефіцієнта підсилення при заданому N .

Довжина кожної з ділянок коливальної системи визначається по приведеним формулам. Зміна діаметру перетину експонентної перехідної ділянки визначається рівнянням

$$D_z = D e^{-bz}, \quad (10)$$

де $b = \ln N / i_z$ - коефіцієнт звуження експонентної ділянки.

Повздовжній розмір відбиваючої металеві накладки для кожного випадку буде визначатися співвідношенням $il - 2h$. Довжина циліндричної ділянки випромінюючої накладки (концентратора), на практиці, зменшується на величину повздовжнього розміру робочого інструменту (у випадку виконання його змінним).

Наведені формули дозволяють легко сконструювати УЗ коливальну систему для будь-якого УЗ технологічного апарату з заданими технічними характеристиками для використання в різних технологічних процесах (змішування, дроблення, обробка і т.д.).

Деякі рідини важко або зовсім неможливо змішати. Суміші таких речовин називаються емульсіями і потреба в них буває дуже велика. Бар'єр незмішуваності вдається перебороти завдяки кавітаційним процесам в ультразвуковому полі й одержати емульсії з розмірами часток менш 1...5 мкм.

У складі молока присутні 87,3% води, 12,5% сухих речовин, у тому числі 3,8% молочного жиру, 3,3% білків, 4,7% молочного цукру, 0,7% мінеральних речовин. Особливість багатьох компонентів молока в тому, що природа не повторює їх ні в якому іншому продукті харчування.

У молоці жир розподілений у вигляді жирових кульок, оточених складною білковою оболонкою, тобто являє собою емульсію молочного жиру у воді. Розмір жирових кульок коливається від 1 до 5 мкм. Причому, кількість жирових кульок,

що мають розмір більш 2 мкм складає більш 50% і залежить від породи й індивідуальних особливостей корови. Крім цього обробка молока УЗ хвилями забезпечує зниження кількості бактерій до норми (менш 200000 КОЕ в 1 мл. При обробці 8..10 хв.).

При ультразвуковій обробці молока, не відбувається руйнування найбільш лабільної частини вітаміну С і його вміст залишається практично рівним початковому - 0,83 мг (пастеризація паром знижує концентрацію вітаміну С до 0,65 мг, інфрачервоним випромінюванням - до 0,75 мг, кип'ятінням - практично цілком руйнує вітамін С). Таким чином, ультразвукова обробка забезпечує не тільки підвищення живильної цінності молока, але і забезпечує його стерилізацію.

Висновок. Таким чином наведені формули дозволяють сконструювати коливальну систему для будь-якого УЗ технологічного апарату з заданими технічними характеристиками для використання в різних технологічних процесах (змішування, дроблення, обробка, діагностика і т.д.).

Список використаних джерел

1. Кушлик Р.В., Кушлик Р.Р. Розробка електроакустичної системи для обробки сумішевого біопального в кавітаційному режимі. Матеріали І Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 14.

2. Борохов І.В., Рудов Д.Ю. Застосування енергії ультразвуку при переробці сільськогосподарської продукції. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Вип. 165. Харків: ХНСТУ, 2015. С. 118-120.

3. Князєв І.В., Борохов І.В. Електроакустична система контролю якісних показників рисової крупи. Матеріали І Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 47-49.