



Зберігання та переробка продукції

УДК 637.023:637.233.6
© 2013

С.І. Єрошенко

Ю.В. Майборода,
кандидат
технічних наук

*Інститут продовольчих
ресурсів НААН*

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СКРЕБКОВИХ ПАСТЕРИЗАЦІЙНИХ АПАРАТІВ

Установлено, що теплову обробку в'язких рідин доцільно виконувати в теплообмінних апаратах, обладнаних пристроями для турбулізації потоку. Розглянуто конструктивні особливості пластинчастих і циліндричних пастеризаторів з турбулізуювальними робочими органами, які оснащені скребками. Обґрунтовано переваги пастеризаторів пластинчастого типу. Визначено перспективність подальшого розвитку скребкових пластинчастих пастеризаторів.

Ключові слова: в'язкість, турбулізація, теплопередача, скребкові пастеризатори, коефіцієнт компактності, теплообмінна поверхня.

Для високотемпературної обробки продуктів, що містять білкову фазу та мають підвищену в'язкість, застосовують скребкові теплообмінні апарати. Наявність турбулізуювальних робочих органів, оснащених скребками, забезпечує рівномірність термообробки потоку завдяки постійному оновленню пристінного шару продукту та його примусовому перемішуванню в каналі теплообмінника. Скребки запобігають утворенню пригару, очищуючи теплообмінну поверхню, та сприяють інтенсифікації конвективного теплообміну, впливаючи на гідродинаміку потоку. Завдяки високим теплотехнічним характеристикам скребкові апарати є базовим обладнанням у лініях виробництва масла, спредів та ін.

Об'єкти досліджень. У виробництві застосовують 2 типи скребкових апаратів — циліндричні (з вертикальним або горизонтальним розташуванням теплообмінної поверхні) [2, 7] і пластинчасті [5, 6].

Циліндричні скребкові пастеризатори (рис. 1) — це різновид апаратів трубчастого типу, оснащених ротором із скребками. Кільцевий теплообмінний канал утворюється зовнішньою поверхнею ротора та внутрішньою поверхнею теплообмінного циліндра. Передається тепло від парового або рідкого теплоносія,

що надходить до теплової сорочки апарата із зовнішнього боку каналу. Очищують циліндричну теплообмінну поверхню від пригару скребки, що обертаються разом з ротором.

Пластинчасті скребкові пастеризатори складаються із закріпленого на рамі пакета комплектів здвоєних парових пластин і продуктових кілець (рис. 2), паралельне компактне розташування яких дає змогу значно збільшити роботу теплової поверхню.



Рис. 1. Циліндричний скребковий теплообмінник

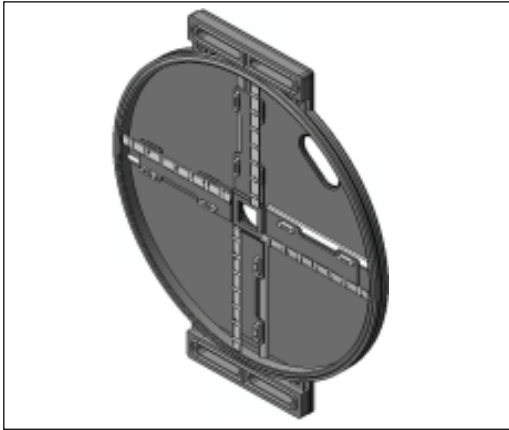


Рис. 2. Комплект теплообмінної пластини та продуктового кільця з хрестовиною

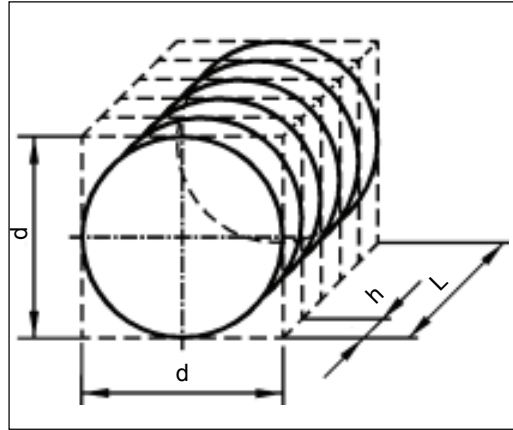


Рис. 3. Схема розміщення теплообмінних поверхонь

Теплообмінний канал утворюється суміжними теплообмінними пластинами, між якими затискується продуктове кільце, ущільнене з обох боків уздовж ліній контакту. Продукт поступово рухається камерами продуктових кілець крізь периферійні отвори в парових пластинах.

Уздовж осі пакета проходить вал, на якому розташовані хрестовини з плаваючими скребками, що обертаються в камерах продуктових кілець і очищають теплообмінну поверхню.

Сила притискання скребків до поверхні теплопередачі створюється потоком продукту, що постійно оновлюється. Паровий теплоносій подається в порожнину теплообмінної пластини — у верхній колекторний канал, а конденсат відводиться з нижнього. Рідкий теплоносій, навпаки, подається до нижнього, а відводиться з верхнього колекторного каналу.

Скребкові пастеризатори усіх типів мають приблизно однакові теплотехнічні можливості. Переважає та конструкція, яка здатна забезпечити мінімальні енергетичні витрати та високу ефективність пастеризації.

Мета досліджень — виявлення впливу конструктивних особливостей основних типів скребкових пастеризаторів на їх техніко-економічну ефективність.

Результати досліджень. Кожне конструктивне рішення має ряд переваг і недоліків. Основна важлива перевага циліндричних скребкових апаратів — незначна кількість ущільнень, що спрощує їх комплектацію і виготовлення. Конструктивне рішення «труба в трубі» забезпечує надійну герметичність кожного з каналів, захищаючи середовища від перетікання. Особливого значення це набуває за високотем-

пературних режимів обробки сировини, коли якість ущільнювальних матеріалів має бути високою і, відповідно, це позначається на вартості.

Проте, як свідчить практичний досвід, за теплообмінними та енергетичними характеристиками пластинчасті скребкові пастеризатори мають ряд значних переваг, зумовлених їх конструкцією. Висока турбулізація потоку та ефективна теплопередача у тонкому проміжку між пластинами дають змогу швидко та рівномірно нагріти продукт із значно меншими витратами теплоносія.

Відомо, що одним з основних критеріїв досконалості апарата, поряд із коефіцієнтом теплопередачі, є рівень використання робочого об'єму, або ступінь компактності [1], що характеризується величиною теплообмінної поверхні, розміщеної в 1 м³ робочої зони апарата, і виражається співвідношенням:

$$\beta = F_p / V_p, \quad (1)$$

де β — коефіцієнт компактності; F_p — робоча поверхня теплообміну, м²; V_p — об'єм робочої зони, м³.

У робочій зоні з розмірами d , d , L (рис. 3) і, відповідно, об'ємом $V_p = d^2 L$ можна розмістити робочу теплообмінну поверхню пластинчасто апарата площею:

$$F_p^{пл} = \frac{2\pi d^2}{4} \frac{L}{h}, \quad (2)$$

де $\frac{2\pi d^2}{4}$ — площа двосторонньої теплообмін-

ної пластини; $\frac{L}{h}$ — кількість пластин.

У цій самій робочій зоні можна розмістити робочу поверхню циліндричного апарата площею:

$$F_p^{\text{цил}} = \pi dL. \quad (3)$$

Визначений за формулою (1) коефіцієнт компактності пластинчастого пастеризатора

$$\beta_{\text{пп}} = \frac{2\pi d^2 L}{4h} \cdot \frac{1}{d^2 L} = \frac{\pi}{2h} \quad (4)$$

не залежить від діаметра пластин, а тільки від щільності їх розташування і зростає зі зменшенням проміжку між пластинами h .

Коефіцієнт компактності циліндричного пастеризатора

$$\beta_{\text{ц}} = \frac{\pi dL}{d^2 L} = \frac{\pi}{d} \quad (5)$$

прямо залежить від діаметра теплообмінної поверхні d і знижується з його збільшенням.

Коефіцієнт відносної компактності J пластинчастого пастеризатора до циліндричного характеризується співвідношенням отриманих значень

$$J = \frac{\beta_{\text{пп}}}{\beta_{\text{ц}}} = \frac{d}{2h}. \quad (6)$$

Як видно з формули (6), за однакових розмірів робочої зони пластинчастого і циліндричного апаратів (відповідно до рис. 3) робоча площа пластинчастого у $d/2h$ разів більша, ніж циліндричного і зростає зі збільшенням діаметра d та зменшенням проміжку h між пластинами.

Практично, для пастеризаторів циліндричного типу (Я5-ОТЛ, ВТО-1000) з діаметром теплообмінної поверхні $d=0,285$ м і пластинчастого (Я5-ОВП, Я5-ОПС) з проміжком між пластинами $h=0,023$ м співвідношення коефіцієнтів компактності за формулою (5) становитиме:

$$J = \frac{0,285}{2 \cdot 0,023} = 6,2.$$

Це означає, що за однакових габаритів робочої зони і такого самого теплового навантаження коефіцієнт теплопередачі циліндричного пастеризатора має бути у 6,2 раза більший, ніж пластинчастого. Теоретично збільшення значень коефіцієнта теплопередачі можливо

досягти підвищенням температурного тиску. Проте практично такий захід є неприйнятним для термічної обробки рідких харчових продуктів, і, до того ж, у зазначених межах технічно нездійснений. Проте отриманий коефіцієнт відносної компактності також означає, що в робочій зоні циліндричного пастеризатора реально розмістяться 6,2 пластинчастого скребкового апарата такої самої продуктивності.

Високу компактність скребкового пастеризатора пластинчастого типу особливо помітно під час проектування апаратів з тепловими пластинами великих діаметрів. Збільшення діаметра пластини у n разів дає змогу підвищити площу поверхні теплопередачі, а отже, і її теплову продуктивність у n^2 разів. Практично, якщо діаметр теплообмінної пластини збільшити удвічі, її теплові можливості зростуть у 4 рази. Оскільки відстань між пластинами залишається незмінною, то і коефіцієнт компактності відповідно до формули (4) не зміниться. Це свідчить про високі можливості розвитку теплообмінної поверхні пластинчастих апаратів без істотного підвищення їх габаритних розмірів, що поліпшує використання виробничих площ.

Як і загалом теплообмінники пластинчастого типу, оснащені скребками також можуть коригувати площу теплообмінної поверхні безпосередньо під час експлуатації у разі зміни умов виробництва. Компонувальні властивості пластинчастих скребкових апаратів дають змогу створювати комбінації паралельних і послідовних каналів з незначними втратами тиску. Насосний ефект, що виникає від обертання робочих органів, протидіє зростанню гідравлічного опору в пакеті пластин та сприяє підтриманню напору потоку рідини.

Особливою перевагою пластинчастого теплообмінника будь-якої продуктивності є оснащення його одним приводом, незалежно від довжини пакета і кількості пластин. Циліндричні скребкові теплообмінники частіше мають модульне виконання з індивідуальним приводом для кожного з теплообмінних циліндрів, що потребує не лише додаткової загальної площі, а й більших витрат енергії.

Невелика довжина теплообмінного пакета пластинчастого пастеризатора і, відповідно, вала зі скребками дають змогу спрямовувати потужність приводу, в основному, на турбулізацію потоку на протипагу циліндричним апаратам, у яких значна кількість енергії витрачається також і на обертання масивного ротора.

Так, питома потужність на одиницю теплообмінної поверхні становить для пластинчастого 0,7–0,8 кВт, для циліндричного пастеризаційного апарата — 2,3–2,5 кВт.

Конструктивні переваги пластинчастого скребкового пастеризатора закладені в основу розробок обладнання для високотемпературної пастеризації молочних вершків (Я5-ОВП) і рос-

линно-молочних жирових сумішей (Я5-ОПС) продуктивністю 1200–5000 л/год [3, 4]. Практичний досвід експлуатації підтвердив їх високу технічну та економічну ефективність: використання пластинчастих скребкових теплообмінників у виробництві продуктів підвищеної в'язкості дали змогу знизити енергетичні витрати (електроенергія, пара) у 2–2,5 раза.

Висновки

Визначені переваги свідчать про високий ступінь досконалості конструкції основних пластинчастих скребкових теплообмінни-

ків, що зумовлює їх високу техніко-економічну ефективність і перспективи подальшого розвитку.

Бібліографія

1. Барановский Н.В. Пластинчатые теплообменники пищевой промышленности. — М.: Машгиз, 1962. — С. 17–18.
2. Ересько Г.А., Гуляев-Зайцев С.С. и др. Установка для высокотемпературной пастеризации сливок//Молочная пром-сть. — 1997. — № 7. — С. 33.
3. Ересько Г.О., Єрошенко С.І. Енергоощадне устаткування для високотемпературної обробки вершків//Вісн. аграр. науки. — 2011. — № 11. — С. 67–68.
4. Ересько Г.А., Єрошенко С.І., Майборода Ю.В.

- Пастеризаційне обладнання у виробництві спредів //Молочное дело. — 2012. — № 8. — С. 22–24.
5. Єрошенко С.І. Високотемпературна обробка вершків у виробництві масла та сметани//Вісн. аграр. науки. — 2008. — № 11. — С. 81–84.
 6. Патент 19630 У Україна МПК F28D11/00 F28C3/00. Теплообмінний апарат/Єресько Г.А., Єрошенко С.І., Кимачинський С.І. — Заявл. 17.07.2006; Опубл. 15.12.2006. — Бюл. № 12.
 7. Твердохлеб А.В. Универсальные маслообразователи и скребковые пастеризаторы//Молочное дело. — 2004. — № 8. — С. 18–19.

Надійшла 08.04.2013.