

О.І. СВИДЕРСЬКА, асистент
В.Л. ЯРОВИЙ, кандидат технічних наук
Національний університет харчових технологій

СУЧАСНІ МЕТОДИ Й ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗНЕВОДНЕННЯ ПИВНОЇ ДРОБИНИ МЕХАНІЧНИМ ШЛЯХОМ

Наводяться дані щодо розробки і застосування механічного обладнання для зневоднення вторинної сировини пивоварних заводів, зокрема пивної дробини, з метою її подальшої переробки і зменшення кількості відходів виробництва.

Ключові слова: механічне зневоднення, віджимання, пресування, пивна дробина.

Приведены данные про разработку и использование механического оборудования для обезвоживания вторичного сырья пивоваренных заводов, в частности пивной дробины, с целью её дальнейшей переработки и уменьшения количества отходов производства.

Ключевые слова: механическое обезвоживание, отжим, прессование, пивная дробина.

Information is resulted about development and use of mechanical equipment for dehydration of the second raw material of breweries, in particular beer pellet, with the purpose of its further processing and diminishing of amount of wastes of production.

Keywords: mechanical dehydration, quetch, pressing, beer pellet.

Аналіз літературних джерел та роботи сучасних підприємств показує, що в теперішній час в Україні залишаються не вирішеними задачі переробки і утилізації вторинної сировини та стічних вод пивоварних заводів. Що призводить до їх накопичення і забруднення навколишнього середовища (грунтові води, ґрунт), втрати цінної сировини. Початкова вологість пивної дробини досягає 500% на суху речовину (відносна вологість $W=80\%$). Процес віджимання дозволяє забезпечити замкнений технологічний цикл – безвідходне виробництво, в якому преси використовуються для зневоднення відходів харчових виробництв з подальшою утилізацією. Віджимання також часто передуює сушінню, якому підлягають продукти після видалення вільної вологи пресуванням. Пов'язане це з тим, що механічне зневоднення дешевше термічного. Тобто, для інтенсифікації зневоднення таких високо вологих продуктів як пивна дробина, доцільно застосовувати механічне обладнання (стрічкові фільтрпреси, шнекові та камерні преси). Причому бажано, щоб кінцева вологість після механічного віджимання складала не більше 50-55%.

Пресування, що здійснюється з метою віджимання рідини є досить складним технологічним процесом. На його протікання впливають ряд взаємопов'язаних факторів, що характеризують в першу чергу продукт, а потім режим роботи і конструкцію пресового обладнання. До цих факторів відносяться: структура й технологічні властивості вихідної сировини, тиск і тривалість пресування, термічні умови, товщина шару, що стискається та ін. При цьому в процесі віджимання структурні й технологічні властивості продукту можуть змінюватись в широких межах, що ускладнює дослідження фільтраційних і компресійних властивостей пресованої маси і процесу в цілому.

При віджиманні рідка фаза переміщується по мікропорам продукту (дробини) долаючи при цьому опір, який зростає від центральних шарів до поверхневих. Для його зменшення сировину доцільно обробляти (теплом), а для покращення структури іноді додають добавки (стружку, волокна целюлози, лузгу).

Робочий час, що витрачається на видалення рідини пресуванням, залежить від компресійних і фільтраційних властивостей двофазної дисперсної системи і визначається рівнянням

$$\frac{\partial p_{ск}}{\partial \tau} = C_1 \frac{\partial^2 p_{ск}}{\partial z^2}, \quad (1)$$

Де $C_1 = \frac{K}{a(1 + w_{cp} \frac{\rho_{ск}}{\rho_p}) \rho_p g}$ - коефіцієнт, що характеризує швидкість вирівнювання

тисків у скелеті; z – зведена координата, що співпадає з напрямом руху рідини; $w_{cp} = 0,5(w_1 + w_K)$ - середній за час пресування вологовміст; $\rho_{ск}, \rho_p$ - щільність скелету і рідини; K – фільтраційна характеристика дисперсної системи; a – піддатливість скелету.

Відношення K/a змінюється незначно за час пресування (під час пресування зменшується як K , так і a). За даними І.Т. Кретьова [2] це відношення для пивної дробини в межах тиску до 0,2МПа є постійною величиною і дорівнює $K/a = 0,38 \cdot 10^{-4} \text{ кг/сек} \cdot \text{см}$, то інтегрування рівняння дає

$$p_{ск} = p \left[1 - \frac{4}{\pi} \sum_{r=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{1}{r} \sin \frac{r\pi z}{2h} \cdot \exp \left(-\frac{r^2 \pi^2}{4} - \frac{C_1 \tau}{h^2} \right) \right], \quad (2)$$

де p – постійний тиск (не враховується тертя збоку стінок пресу);
 $h = \frac{h'}{1 + w_1 \rho_{CK} / \rho_p}$ - зведена висота шару (моноліту скелету); h' – початкова висота шару продукту.

В якості першого наближення робочий час пресування може бути визначений за формулою

$$\tau = Ah^2 \left(1 + w_{CP} \frac{\rho_{CK}}{\rho_p} \right) \ln \frac{w_1 - w_p}{w_K - w_p}, \quad (3)$$

де $A = \frac{4}{\pi^2} \frac{a \rho_p g}{K} > 0$ - константа, що залежить від властивостей продукту, який пресується, його опору стисканню, вологопровідності; w_1 , w_{CP} , w_K і w_p – вологовміст відповідно початковий, середній за час пресування, кінцевий і рівноважний при $\tau = \infty$ для заданого p .

Формулу (3) можна використовувати для попереднього дослідження віджимання в пресових пристроях безперервної дії при достатній різниці між w_K і w_p . Для заданого кінцевого значення w_K підбирається, наприклад, довжина стрічки, або швидкість її руху, або визначається продуктивність пристрою.

З виразу (3) випливає, що на практиці пресування завжди вигідно проводити в тонкому шарі й при двосторонньому віджиманні.

В початковий момент пресування, коли рідкої фази в системі, що розділюється багато, доцільно прикладати мінімальний тиск. Потім по мірі зниження темпу виділення рідини, він стрибкоподібно збільшується до наступного постійного значення, що не набагато відрізняється від попереднього. Такий режим забезпечує мінімальне вимивання часточок скелету рідиною крізь фільтрувальну перетинку, а крім того, відсутня необхідність відразу прикладати максимальний тиск, оскільки не початковий, а кінцевий період лімітує процес.

Сьогодні традиційним способом попереднього зневоднення пивної дробини можна вважати її віджимання на шнекових фільтрпресах. За кордоном є досвід застосування шнекових фільтрпресів для зневоднення біологічних осадів на очищувальних спорудах невеликої продуктивності до 10 тис. м³/добу по стічним водам. Їх перевагами є компактність, простота конструкції й обслуговування, але серед недоліків – висока вологість вихідного продукту (до 67-70%), високі втрати

сухих речовин з фільтратом, порівняно з іншими видами обладнання, перетирання продукту під час зневоднення, нерівномірність волого вмісту в перерізі шнека. Наявність зважених часток в рідині, що віджимається, потребує додаткових операцій для їх видалення, що збільшує вартість виробництва.

Останнім часом широкого застосування набули також конвеєрні преси, які представляють собою різновид пресів безперервної дії, де також ефективно використовується принцип тонкошарового пресування. Тонкий шар продукту в них утворюється між двома рухомими стрічками з міцної гнучкої тканини. Тиск на продукт створюється двома нескінченими стрічками, що огинають валки. Принципова схема сучасного стрічкового пресу наведена на рис.1.

Продукт крізь завантажувальний бункер безперервно й рівномірно розподіляється по верхній стрічці. Перша зона – вільного стікання (гравітації), де з мезги під впливом сили ваги відділяється рідина самопливом. В клиновій зоні верхня стрічка створює рівномірно зростаючий поверхневий тиск, що забезпечує формування стабільного жмихового «пирога». В зоні пресування процес зневоднення починається на валку с L-подібним профілем поверхні, що забезпечує інтенсивне видалення рідини крізь обидві стрічки. Далі продукт проходить крізь ряд пресувальних валків зі зменшуваними діаметрами.

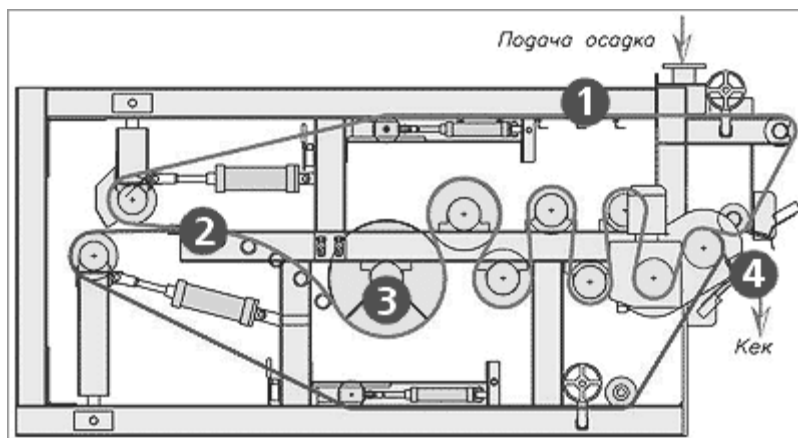


Рис. 1. Схема стрічкового фільтр преса:

- 1 – гравітаційна зона; 2 – зона поступового зростання тиску; 3 – перфорований барабан (зона середнього тиску); 4 – вивантаження продукту.

Зростаючий тиск пресування й напруження зсуву забезпечують оптимальне й швидке зневоднення. Використання на кінцевій стадії спеціальних дотискаючих

валків для кращого віджимання крайових зон «пирога» додатково збільшує ефективність зневоднення. Для досягнення стабільно високої продуктивності обидві стрічки безперервно промиваються крізь сопла водою під високим тиском.

Саме існування зони вільного стікання і поступове прикладання навантаження в клиновидній зоні дозволяє нам рекомендувати саме стрічкові фільтрпреси для зневоднення пивної дробини, маючи на увазі високий початковий вміст вільної рідини в продукті і його капілярно-пористу структуру. Проведеними нами дослідженнями була підтверджена присутність значної (до початкової товщини шару) релаксації продукту після зняття навантаження. Особливо цікавим є те, що при повторному прикладанні навантаження на продукт видалалося ще до 10 - 15% від початкового об'єму видаленої рідини. Але на дослідній установці (важільний прес) при статичному характері прикладання тиску відтворення циклічного характеру навантаження значно збільшувало тривалість дослідження. При застосуванні ж стрічкового пресу роль циклічної зміни навантаження відіграє поступове зростання тиску пресування і напруження зсуву при огинанні стрічками валиків по S- подібній траєкторії, що забезпечує швидке і оптимальне зневоднення.

Особливої уваги також заслуговують камерні автоматичні фільтрпреси вертикального типу ПРОГРЕС-КМПм (рис. 2), що виготовляються на Бердичівському машинобудівному заводі «Прогрес». Це обладнання, що поєднує в собі кращі конструкторські й технологічні рішення, оптимально підходить для розділення полідисперсних суспензій, які легко розшаровуються. Від своїх зарубіжних аналогів відрізняється вертикальним розміщенням фільтрувальних камер, що значно зменшує необхідні виробничі площі. Конструкція фільтрпреса дозволяє проводити промивання і просушування осаду. Найбільш ефективно використання фільтрів КМПм у випадку необхідності отримання осаду з низьким вмістом води (до 6 – 9%, в залежності від виду осаду). Товщина шару осаду може бути в межах 10 – 40мм, температура суспензії від 5 до 80°C. Цикл розділення суспензії на фільтрі реалізується в наступній послідовності: фільтрування суспензії → віджимання осаду повітрям під тиском 0,4-0,5 МПа → промивання осаду гарячою водою під тиском 0,1-0,12 МПа → віджимання осаду повітрям. Фільтри виготовляються з площинами поверхні фільтрування 5, 10, 15, 25, 50м². На пресах

такого типу дробину віджимають при надлишковому тиску 0,07МПа до вологості 30-32%. При такій вологості дробину зручно транспортувати пневмотранспортом, на розводячи водою. Вологість можна знижувати і далі, підвищуючи тиск на мембрани, але тоді виникають труднощі з її транспортуванням і вивантаженням. Виняткова конструкція даного фільтрпресу передбачає горизонтальне розміщення фільтрувальної перегородки, завдяки чому процес фільтрування проходить в найоптимальніших умовах, що також зменшує тривалість додаткових операцій, і, відповідно, збільшує продуктивність в порівнянні з іншими типами фільтрів.

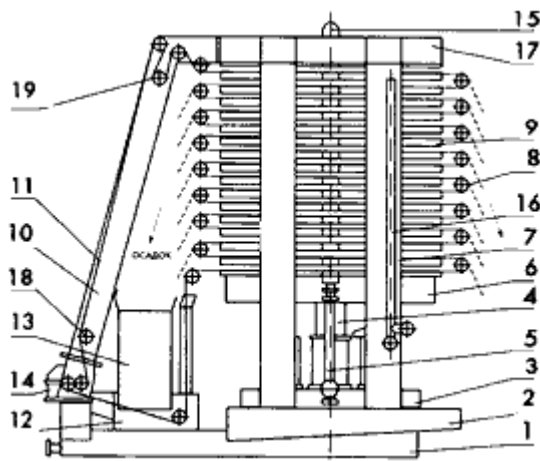


Рис. 2. Схема автоматичного фільтрпреса вертикального типу ПРОГРЕС-КМПм

1 – рама; 2 – піддон; 3 – плита опорна; 4 – механізм затискання; 5 – зливний колектор; 6 – плита натискання; 7 – Стяжка; 8 – ролик тканини; 9 – фільтруюча плита; 10 – механізм натягування тканини; 11 – фільтрувальна тканина; 12 – камера регенерації; 13 – двобічний похилий жолоб; 14 – привід для пересування тканини; 15 – колектор подачі; 16 – колектор віджимання; 17 – плита опорна; 18 – ролик регулювання тканини; 19 – ролик натяжний для тканини.

Висновки.

1. За своїми фізико-механічними властивостями і хімічним складом пивна дробина є цінною сировиною для харчової і сільськогосподарської промисловості.
2. Основним фактором, що перешкоджає промислового використанню пивної дробини є її висока вологість (до 500% на суху речовину).
3. Зневоднення пивної дробини доцільно проводити в дві стадії: перша - механічним шляхом, друга стадія - тепловим способом.
4. У зв'язку з тим, що пивна дробина представляє собою колоїдне капілярно-пористе тіло - при проектуванні нових пресів для віджимання пивної дробини рекомендується передбачення зони вільного стікання рідини, і поступове

прикладання тиску пресування, причому максимальний тиск пресування не повинен перевищувати рекомендоване значення 0,2МПа, з можливістю циклічного прикладання зусилля пресування, тобто наявності періодів релаксації або продувки продукту повітрям.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Ермолаева Г.А.* Фильтрование затора.// Пиво и напитки. – 2000. - №5. - с.18-21.
2. *Кретов И.Т.* Исследование химического обезвоживания пивной дробины // Известия высших учебных заведений, Пищевая технология, №1, 1960г.
3. *Машиностроение. Энциклопедия.*/ Ред. совет: К.В. Фролов и др. - М.: Машиностроение. Машины и оборудование пищевой и перерабатывающей промышленности. Т. IV-17 / С.А. Мачихин, В.Б. Акопян, СТ. Антипов и др.; Под ред. С.А. Мачихина. - 2003.-736 с.