

АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ РУЙНУВАННЯ СТРУКТУРИ ЯДРА ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

*Р. Шевчук, д. с.-г. н. Росії, к. т. н., Б. Затхей, к. т. н.,
В. Шевчук, інженер*

Львівський національний аграрний університет

Ключові слова: конструктивні параметри, олійні культури, робочі органи, олія, вальцьові подрібнювачі, горизонтальні та вертикальні плющилки.

Key words: constructive parameters, oil-bearing cultures, workings organs, butter, rolling crushers, grindings down, horizontal and vertical flatters.

Theoretical bases of machines are analyzed for destruction of structure of kernel of oil-bearing cultures. Technical descriptions of domestic rolling crushers are resulted. A chart of motion of particle is between rollers.

Постановка проблеми. Для отримання олії існує два способи пресування: гаряче та холодне. На вихід олії та її якість впливає багато чинників технологічного процесу пресування: робочий тиск, ступінь подрібнення, вміст рідкої фази в початковому матеріалі, вологість насіння; визначальним чинником є ступінь подрібнення.

Подрібнюють ядро олійних культур перед волого-тепловою обробкою, віджиманням та екстрагуванням олії. Подрібнення насіння необхідне для того, щоб зруйнувати форму зв'язку олії з білковою частиною ядра [1].

Враховуючи, що руйнування клітинної структури ядра олійних культур дає можливість полегшити вихід олії, а також збільшити продуктивність віджимання, то важливим питанням є вивчити аналіз конструкцій подрібнювальних машин для руйнування структури ядра олійних культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для розмелювання зерна застосовують машини, які здійснюють подрібнення стиском і зсувом, перетиранням продукту та ударом, комбінованою дією перелічених чинників. Серед подрібнювачів найпоширенішими є вальцьові верстати, жорнові посади, молоткові та пальцьові дробарки [4, 6, 9].

Вальцьові подрібнювачі (верстати) призначені для подрібнення зерна на сортове борошно, дроблену крупу, плющення зерна і насіння олійних культур. Вони подрібнюють зерно циліндричними вальцями, які обертаються назустріч один одному з різною частотою.

Згідно з дослідженням І. П. Колпакова [2], якщо подрібнене ядро соняшника стиснути в шнековому пресі, то в отриманій суміші залишається 32-39% олії; з цього ж ядра, але подрібненого в однопарному вальцьовому верстаті (зруйнована частково структура ядра), отримують суміш, в якій міститься 22-28% олії. У разі подрібнення ядра у п'ятивальцьовому верстаті (коли структура ядра зруйнована повністю), то залишок олії суміші зменшується до 13-15%. Це свідчить, що за великого ступеня руйнування клітинної структури ядра залишкова олійність суміші зменшується до 13-15%, а збільшується вихід олії.

У харчовій промисловості найбільше поширення отримали вальцьові верстати з вертикальним і діагональним розміщенням валків; іноді трапляється горизонтальне розміщення валків (горизонтальні плющилки) [5].

Основним робочим органом валкової дробарки є поворотний на горизонтальній осі циліндричний валок [4; 6; 9].

Вальцьові подрібнювачі з вертикальним розміщенням валків займають меншу площу і за однакового ступеня подрібнення для них потрібно менше валків, ніж для горизонтальних верстатів.

Аналіз досліджень вказує на те, що подрібнювальні машини у технологічному процесі в основному призначені для подрібнення зернових культур, тому дослідження процесу руйнування структури ядра олійних культур є актуальним [4 - 7, 9].

Постановка завдання. Метою дослідження є аналіз конструктивних особливостей

подрібнювальних машин, їх конструктивно-технологічних схем і способів руйнування структури ядра олійних культур.

Виклад основного матеріалу. Основною характеристикою процесу подрібнювання матеріалу є ступінь подрібнювання – це відношення середніх розмірів шматків матеріалу до (D) і після (d) подрібнювання.

У сучасній техніці ступінь подрібнювання визначають також як відношення сумарної поверхні частинок подрібненого продукту S_n до сумарної поверхні частинок вихідного матеріалу S_B .

Шматки матеріалу до і після подрібнювання звичайно не мають правильної форми. Тому на практиці розміри шматків визначають через розміри отворів сит, крізь які просівають сипкий матеріал до і після подрібнювання.

Залежно від розмірів частинок вихідної сировини та кінцевого продукту подрібнювання умовно поділяють на кілька класів (табл. 1).

На практиці часто дрібне, тонке й колоїдне подрібнювання здійснюється у водному середовищі, яке виключає пилоутворення і сприяє легшому вивантаженню подрібненого продукту з машини.

Таблиця 1

Класифікація класів подрібнювання

Клас дроблення	D , мм	d , мм	i
Крупне	1500-150	250-25	3-6
Середнє	150-25	25-5	4-10
Дрібне	25-5	5-1	5-25
Тонке (помел)	5-1	1-005	До 100
Надтонке (колоїдне)	0,2-1	До 10^{-4}	До 1000

Залежно від напрямку, точки прикладання та тривалості дії зовнішніх сил, які здійснюють подрібнювання тіл, розрізняють такі основні способи подрібнювання і помелу: роздавлювання, розколювання, розламування, розтирання, розбивання, розривання, різання та розпилювання. На рис. 1 схематично показано напрями зусиль на матеріал у разі використання того чи іншого способу подрібнювання, які можна характеризувати так.

Під час роздавлювання (рис. 1, а) під дією навантаження, створювано-го силою P на натискну плиту, матеріал деформується по всьому об'єму. Коли внутрішнє напруження в ньому перевищить межу міцності на стиск, він руйнується. При цьому утворюються частини різного розміру та форми [6; 8].

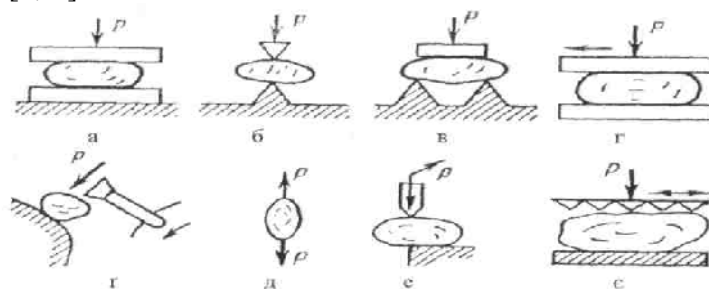


Рис. 1. Способи механічного подрібнювання матеріалів [6; 9].

Процес розколювання (рис. 1, б) здійснюється створенням великих концентрацій навантажень у місцях контакту матеріалу з клиноподібним робочим елементом, на який діє сила P . Спосіб розколювання досконаліший порівняно з роздавлюванням, оскільки дає змогу регулювати розмір одержуваних частинок [6; 9].

Процес розламування (рис. 1, в) здійснюється під впливом згинальних сил P . Під час розтирання (рис. 1, г) частинки подрібнюються під впливом стискальних, розтягувальних і зрізувальних сил. Утворюється дрібний порошкоподібний продукт. Процес використовується в тонкому і колоїдному помелі [6; 9].

Під час подрібнювання розбиванням (рис. 1, д) продукт розпадається на частинки під дією динамічного навантаження. За сконцентрованого навантаження створюється ефект, схожий на той, який має місце під час розколювання, а в разі розподілу зусиль на весь об'єм

продукту ефект руйнування схожий на ефект роздавлювання [6; 9].

Під час розривання (рис. 1, *д*) тіло руйнується під дією розтягувальних сил у результаті виникнення напруження в матеріалі, яке перевищує межу міцності на розрив.

Процес різання (рис. 1, *е*) здійснюється ножами, під дією яких створюється зусилля P , направлене під визначеним кутом до матеріалу, який подрібнюється. Матеріал подрібнюється на частинки наперед заданих розмірів і форми. Процес повністю керований.

Розпилювання (рис. 1, *є*) здійснюється за допомогою пилок, зубці яких являють собою ножі. Вплив пилки здійснюється натискуванням її на подрібнюваний матеріал, а також переміщення пили у площині подрібнювання. Результат такий самий, як і після різання.

На практиці часто комбінують різні способи подрібнювання матеріалів. Наприклад, розтирання завжди супроводжується роздавлюванням чи розбиванням, розламування – розколюванням або роздавлюванням, завдяки чому з меншою витратою енергії найефективніше здійснюється подрібнювання матеріалу.

До найпоширеніших у харчовій промисловості дробарок давильної дії належать валкові дробарки [4 - 9].

Робочою частиною валкових дробарок є горизонтальні валки, кількість яких може бути різною; найчастіше дробарки мають пару валків. Циліндрична поверхня валків може бути гладкою, зубчастою, ребристою або рифленою. Схему валкової дробарки зображено на рис. 2 [8].

Дробарка рис. 2 складається з валків 1 і 2, які обертаються назустріч один одному. Підшипники валка 1 нерухомі, валка 2 - рухомі. Останні утримуються за допомогою пружини 3, що дає можливість валку 2 зміщуватись, коли в дробарку потрапляють надто міцні сторонні предмети. За однакової частоти обертання обох валків захоплений ними матеріал потрапляє у вузький проміжок (зазор) 4 і роздавлюється.

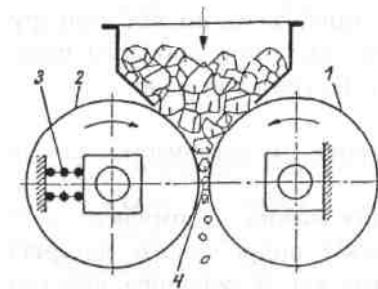


Рис. 2. Валкова дробарка.

Якщо частота обертання валків різна (за співвідношення швидкостей 1:2,5 для рифлених і 1:1,25 або 1:1,5 для гладких валків), то матеріал, крім роздавлювання, піддається розтиранню, а якщо використовують рифлені або зубчасті валки – ще й розколюванню.

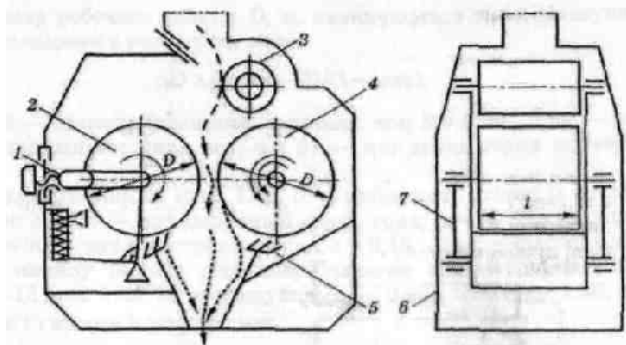


Рис. 3. Функціональна схема вальцювого верстата млина: 1 – механізм регулювання зазору; 2 – тихохідний валець; 3 – живильний валець; 4 – швидкохідний валець; 5 – щітка; 6 – корпус; 7 – балансир.

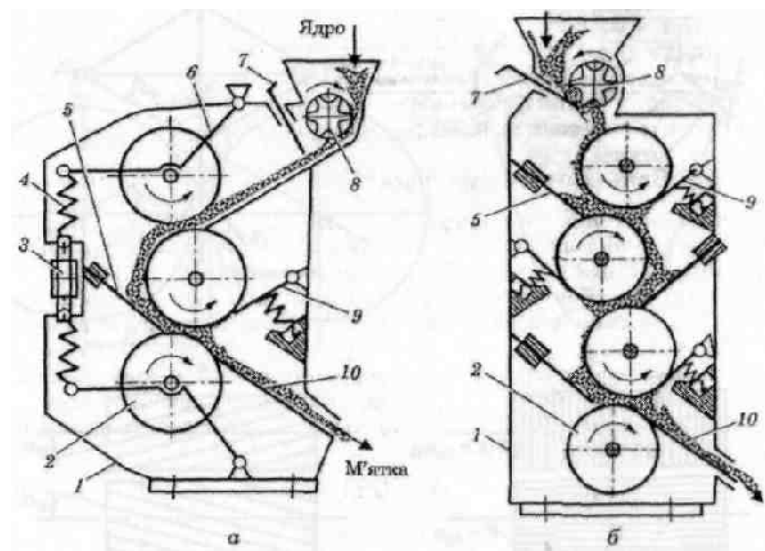


Рис. 4. Схеми верстатів для подрібнення насіння олійних культур: *а* – тривальцьового; *б* – чотиривальцьового; 1 – станина; 2 – робочий палець; 3 – пружина; 5 – полиця; 6 – важіль; 7 – заслінка; 8 – живильний валець; 9 – ніж; 10 – лоток.

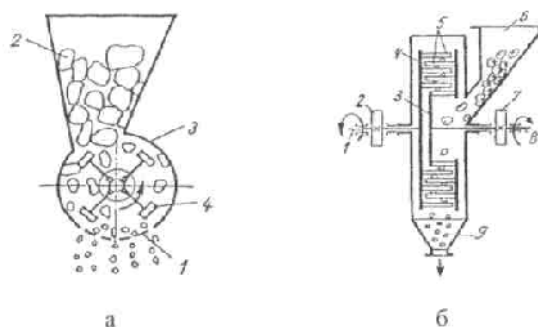


Рис. 5. Схеми дробарок ударної дії: *а* – молоткової; *б* – дезінтегратора.

Для дрібного і тонкого подрібнювання (помелу) зерна, цукру, солі, солоду, сухих плодів і картоплі в харчовій промисловості використовують машини, в яких процес подрібнювання здійснюється розбиванням. До цієї групи належать молоткові дробарки і дезінтегратори (рис. 5).

У молотковій дробарці (рис. 5, *а*) сировина 2 подрібнюється від ударів молотків 4, які обертаються, а також внаслідок ударів матеріалу по ребристій поверхні стінок корпусу 3. Матеріал вивантажують крізь сито 1, розмір отворів якого визначає ступінь подрібнювання матеріалу. Ступінь подрібнювання матеріалу залежить від частоти обертання молотків. Колова швидкість на кінцях молотків дробарки під час подрібнювання зерна становить 70-90 м/с.

Дезінтегратори належать до дробарок, подрібнювання в яких ґрунтується на принципі вільного удару. Дезінтегратор (рис. 5, *б*) має два диски 3 і 4, кожен з яких дістає рух від окремих приводних валів 1 і 8. Вали обертаються у протилежних напрямках від шківів 2 і 7. На дисках по концентричних колах закріплені пальці 5. Ряди пальців одного диска проходять між рядами пальців другого. Матеріал надходить у дробарку через бункер 6 і подрібнюється ударами пальців дисків, що швидко обертаються. Подрібнений матеріал вивантажується крізь люк 9 у нижній частині корпусу. Частота обертання дисків 200-3000 об/хв. Дезінтегратори мають високу продуктивність, що сягає 0,6 кг/с. Переваги дезінтеграторів: простота пристрою, високі продуктивність і ступінь подрібнювання, надійність у роботі. Недоліки: підвищене спрацювання пальців, значне пилоутворення, великі витрати енергії.

Барабанні млини (рис. 6) широко використовують для тонкого помелу матеріалів у багатотоннажних виробництвах. Робочими елементами цих млинів є захищений броньованими плитами барабан 2 і завантажений у нього подрібнювальний матеріал 1 (фарфорові або сталеві кулі, стрижні, морська галька і т.п.).

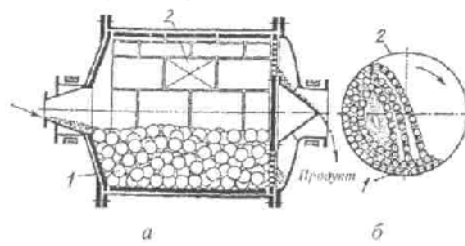


Рис. 6. Схема барабанного млина: а – загальний вигляд; б – переміщення куль.

Під час обертання барабана подрібнювальні тіла відцентровою силою притискуються до його стінки, піднімаються на деяку висоту, а потім під дією сили тяжіння падають або скочуються вниз. Матеріал, який знаходиться в барабані, подрібнюється внаслідок розтирання і ударів. Подається матеріал у млин і виводиться з нього крізь порожнисті цапфи барабана. Переміщується матеріал під дією різниці його рівнів на вході і виході, а також під дією обертання барабана. Чим вища швидкість обертання барабана, тим більша відцентрова сила і, отже, на більшу висоту піднімуться подрібнювані тіла (кулі, стрижні, галька). Відцентрова сила може вирости зі збільшенням частоти обертання настільки, що її значення перевищить силу тяжіння подрібнювальних тіл. Останні обертатимуть разом із барабаном, не здійснюючи корисної роботи подрібнювання.

Щоб куля з масою m не оберталася разом із барабаном, а падала на подрібнювальний продукт, її сила тяжіння G повинна бути більшою від відцентрової сили P , тобто $G > P$.

На рівномірність подрібнювання сировини в барабанному млині впливає ступінь заповнення барабана кулями, а також їхній розмір. Барабан звичайно заповнюється кулями не більше ніж на 30-35% його об'єму.

Принцип дії вібраційного млина відзначається тим, що за допомогою спеціального пристрою-вібратора, який знаходиться на одній осі з електродвигуном, барабан з кулями вібрує, а не обертається, як у барабанному млині. При цьому кулі, які знаходяться в барабані, завдяки сильній трясці розбивають шматки подрібнювального матеріалу.

У практиці досить часто використовують також комбіновані подрібнювачі. Прикладом такої машини є комбінований млин (рис. 7), який використовують у кондитерському виробництві для дрібного подрібнювання горіхів і крупки.

Млин належить до обладнання ударної та розтиральо-роздавлювальної дії. Він обладнаний дезінтегратором і трьома валками, які змонтовані на загальній станині. У дезінтеграторі відбувається попереднє грубе подрібнювання продукту, а валки забезпечують його остаточне тонке подрібнювання.

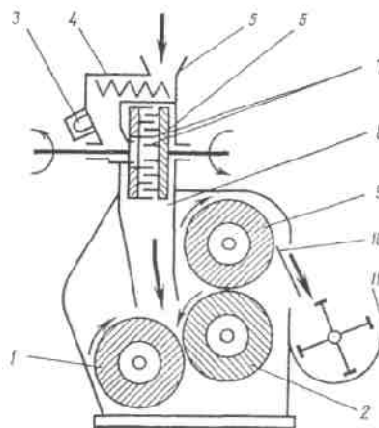


Рис. 7. Схема комбінованого млина.

Із бункера 5 шнековий дозатор 4 забезпечує рівномірну подачу продукту на дроблення. Пройшовши магніт 3, продукт потрапляє на дезінтегратор 6 з пальцями 7, а з останнього – через патрубок 8 у зазор між валками 1 і 2. Валок 2 обертається швидше, чим валок 1, тому подрібнювана маса, пройшовши зазор між ними, переходить на валок 2. Над валком 2 розміщений валок 9, який обертається швидше від валка 2. Завдяки тому, що зазор між валками становить 50 – 100 мкм, за різної частоти обертання досягається ефект роздавлювання частинок та їх розтирання. Тонкоподрібнена маса знімається з валка 9 ножом 10, по якому вона

стікає в лопатевий змішувач 11. Регулювання зазорів між валками здійснюється за допомогою індивідуальної гідравлічної системи.

До всіх машин для подрібнювання можна сформулювати такі загальні вимоги: рівномірність часток подрібненого матеріалу; своєчасне видалення подрібнених часток із робочого простору; зведення до мінімуму пилоутворення; безперервне й автоматичне розвантаження; можливість регулювання ступеня дробіння; можливість легкої заміни швидко спрацювання деталей; невелика витрата енергії на подрібнювання одиниці продукції; необхідність мати запобіжні пристрої, які запобігали б аварії всієї машини в разі потрапляння в зону подрібнювання сторонніх предметів.

Виходячи з аналізу, бачимо, що найпоширенішими є двовалкові дробарки, які можна застосовувати для руйнування структури ядра олійних культур.

Висновки. Аналіз існуючих конструкцій подрібнювальних машин показав, що є необхідність подальшого дослідження з метою обґрунтування вибору способу подрібнення (залежно від механіко-технологічних властивостей і розмірів матеріалу) і обґрунтування оптимальних конструктивних та технологічних параметрів машини для руйнування структури ядра олійних культур.

Бібліографічний список

1. Голдовский А. М. Теоретические основы производства растительных масел / А. М. Голдовский. - М. : Пищепромиздат, 1958. – 446 с.
2. Колпаков И. П. Руководство по эксплуатации шнековых прессов ФП и ЕП при переработке семян подсолнечника / И. П. Колпаков. – М. : Пищепромиздат, 1951. – 127 с.
3. Масликов В. А. Технологическое оборудование производства растительных масел/ В. А. Маликов. – М. : Пищ. промышленность, 1974. – 220 с.
4. Клуманцев Б. В. Дробилки: конструкция и расчет, особенности эксплуатации / Б. В. Клуманцев, А. И. Косарев. – М. : Машиностроение, 1990. – 319 с.
5. Черевко О. І. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник / О. І. Черевко, А. М. Поперечний ; Харк. держ. акад. технол. та орг. харчування. – Харків, 2002. – 420 с.
6. Поперечний А. М. Процеси та апарати харчових виробництв: підручник / А. М. Поперечний, О. І. Черевко, В. Б. Гаркуша. – К. : Центр учбової літератури, 2007. – 304 с.
7. Обладнання підприємств харчової та переробної промисловості / [І. С. Гулий, М. М. Пушанко, Л. О. Орлов та ін.] – Вінниця : Нова книга, 2001. – 576 с.
8. Машины, оборудование, приборы и средства автоматизации для перерабатывающих отраслей АПК. – М. : Информагротех, 1986. – ч.2. – 112 с.
9. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник / [за ред. проф. І. Ф. Малєжика]. – К. : НУХТ, 2003. – 400 с.