

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ РОБОТИ КРИСТАЛІЗАЦІЙНИХ ВІДДІЛЕНЬ

Скорик К.Д. – Інститут післядипломної освіти НУХТ

**П**ромислова технологія кристалізації дозволяє розділяти цукор і нецукри. Метою роботи відділення кристалізації цукрового заводу є виробництво цукру необхідної якості згідно з вимогами стандартів та забезпечення високого виходу та низькі витрати теплової та електричної енергії.

Вказані завдання досягаються за рахунок:

- ♦ максимально можливого вилучення цукру на кожному ступені кристалізації;
- ♦ послідовного максимального направлення нецукрів на наступний ступінь кристалізації;
- ♦ мінімізації рециркуляції відтоків та температур технологічних процесів;
- ♦ мінімального використання води тощо.

Промислову кристалізацію цукрози необхідно проводити в декілька ступенів через те, що в'язкість і консистенція утфелів при вмісті кристалів понад 50...55% стає настільки високою, що відділення кристалів від міжкристального розчину стає неможливим навіть на сучасних центрифугах. Міжкристальний відтік все ще містить цукрозу, яку можна викристалізовувати доти, поки чистота міжкристального розчину не стане гранично низькою. Подальше вилучення цукру можливе лише за допомогою спеціальних процесів, наприклад шляхом заміни лужних іонів на іони магнію у відтоку утфелю II

*Розглянуті методи підвищення ефективності роботи кристалізаційних відділень, вимоги до якості сиропу, клеровки та відтоків, проаналізовані причини утворення конгломератів кристалів при уварюванні утфелів та надані рекомендації щодо покращання гранулометричних показників цукру-піску.*

кристалізації. При зниженні чистоти міжкристального розчину швидкість кристалізації зменшується (рис. 1), а з нею зростає необхідний час уварювання утфелів (табл. 1).

Для виробництва цукру-піску заданої якості з необхідним середнім розміром та коефіцієнтом нерівномірності кристалів при мінімальному вмісті конгломератів і відсутності дрібних часток (пудри) слід постійно звертати увагу на якість сиропу [1], попереджаючи значні коливання масової частки сухих речовин, чистоти, кольоровості, вмісту кальцієвих солей, рН, лужності та ін. Температуру сиропу після фільтрів доцільно підтримувати на рівні 80°C, оскільки тривале перебування сиропу при більш високих температурах у збірниках перед вакуум-апаратами (понад 20...30 хв.) призводить до значного зростання кольоровості, особливо при недостатній термостійкості, зокрема при високому вмісті редукувальних речовин (>0,15% на

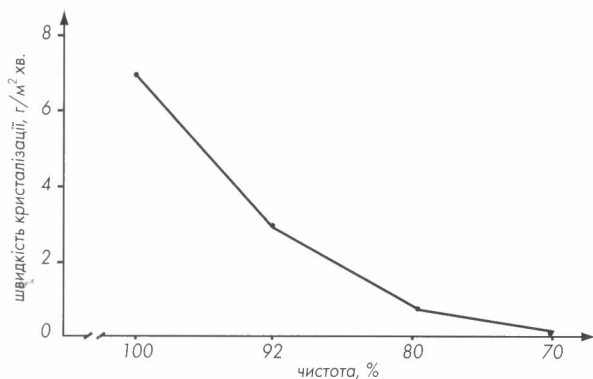


Рис. 1. Вплив чистоти розчину на швидкість кристалізації цукрози

100 СР) і відсутній або недостатній сульфатації соку. Слід пам'ятати, що при чистоті сиропу 89% у кристалізаційних відділеннях вітчизняних заводів викристалізовується на 10...12% менше цукру від тієї кількості, що надійшла до відділення, у порівнянні з зарубіжними підприємствами, на яких чистота сиропу досягає 93%. Очевидно, що треба забезпечувати максимально можливе високе значення цього показника.

Якість відтоків, що підкачуються до вакуум-апаратів (сухі речовини, чистота, рН, кольоровість) повинна підтримуватися постійною, а температура, сухі речовини і чистота повинні бути взаємопов'язані таким чином, щоб у вакуум-апаратах не виникало спонтанного утворення вторинних центрів кристалізації при

Окремі показники уварювання утфелів

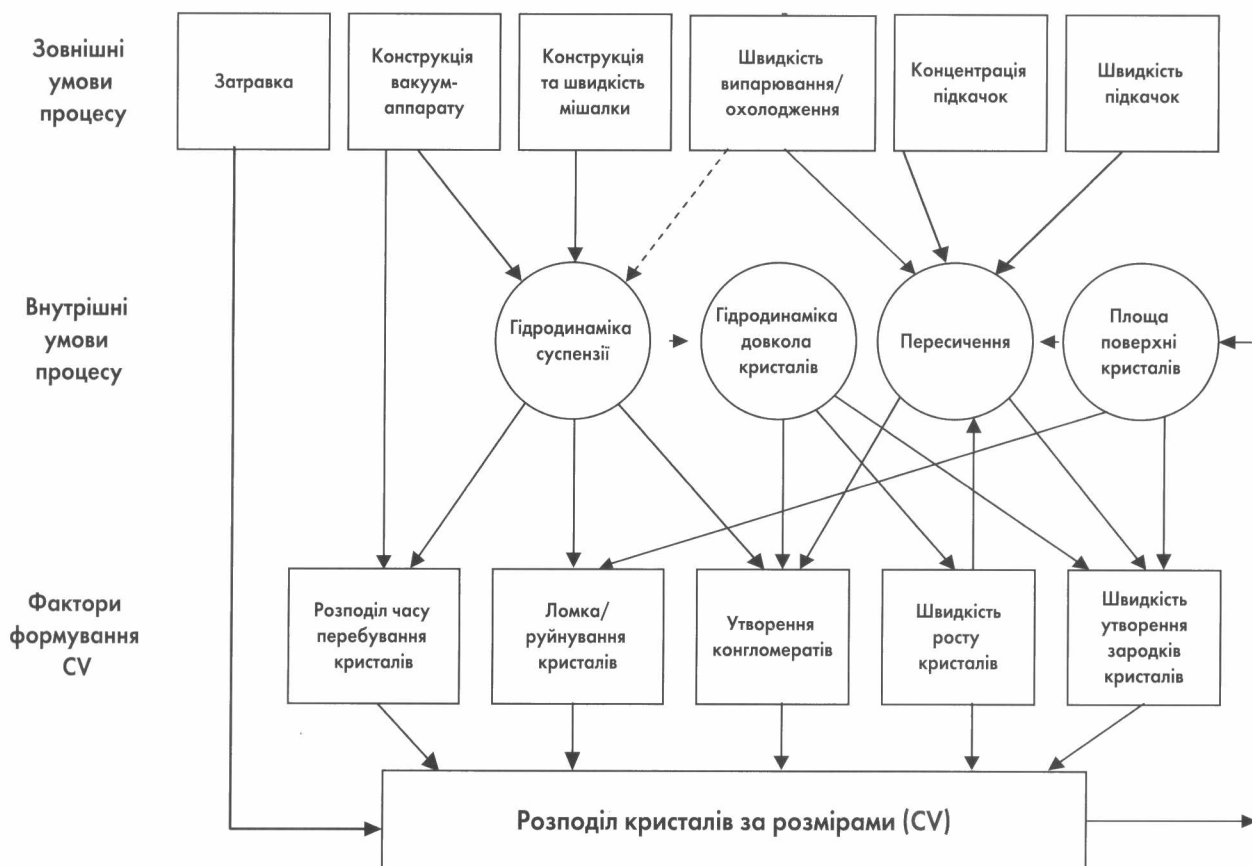
Табл. 1

| Ступінь кристалізації                  | Тривалість кристалізації, год.                | Вихід кристалічного цукру після центрифуг, % | Ефект кристалізації, % абс. |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|
| I кристалізація (товарний цукор-пісок) | 2...4                                         | 44...48                                      | 12...13                     |
| II (проміжна) кристалізація            | 3...6                                         | 45...50                                      | 5...7                       |
| III (остання) кристалізація            | 6...16 (до 40 при кристалізації охолодженням) | 47...53                                      | 10...12                     |

введенні відтоку та наступному випаровуванню при кипінні. В іншому випадку вторинні центри будуть утворюватися постійно, що веде до одержання утфелю, який погано центрифугується, та до виробництва цукру з високим вмістом конгломератів і пудри.

При приготуванні клеровки жовтого цукру його розчиняють в конденсатах із вмістом карбонату амонію та гідрокарбонату амонію, що забезпечує необхідну буферну ємність клеровки і зменшує утворення редукувальних речовин під час уварювання утфелю. При низькій температурі клеровки стерилізація її недостатня, що підвищує невраховані втрати цукрози. Згідно з орієнтовними вимогами до якості клеровки для цукрових заводів рекомендується її кольоровість

Рис. 2. Вплив окремих чинників на гранулометричний склад цукру-піску



до 200 міжнародних одиниць, а вміст нерозчинних речовин у фільтрованій клеровці не повинен перевищувати 10 мг/кг.

Конструкція афінаційної мішалки повинна забезпечувати не лише повне розчинення дрібних кристалів, а також і можливо повний вихід бульбашок повітря із афінаційного утфелю з метою зменшення утворення піни. Бульбашки повітря в утфелі формують емульсію, яку важко центрифугувати. Відсутність повітря також полегшує перехід нецукрів з поверхні кристалів у розчин в процесі афінації.

За даними окремих цукрових заводів зростання кольоровості утфелю I ступеня кристалізації в процесі уварювання змінюється від 40% до 120% (в середньому 70...80%), на II ступені кристалізації – від 10% до 30% (середнє значення 15%), а для утфелю III ступеня при кристалізації охолодженням в межах 15...25%. Цим пояснюється той факт, що приблизно 80% барвних речовин меляси утворюється у відділенні кристалізації. Барвні речовини афінованого жовтого цукру III ступеня кристалізації і жовтого цукру II ступеня кристалізації мають високі молекулярні маси і легко повторно адсорбуються на поверхні кристалів, що ростуть, особливо при  $pH_{20}$  міжкристального розчину нижче 7,8. Вони мають аніонну природу і перебувають у формі колоїдних часток. У лужному діапазоні забарвлені речовини дисоціюють і ведуть себе як солі. Тому величина рН міжкристального розчину не повинна зменшуватися до критичного рівня.

Високий вміст конгломератів у цукрі-піску створює багато проблем в роботі кристалізаційних відділень. Цукор з конгломератами має більш низьку налипну щільність у порівнянні з одиночними кристалами. У практиці зустрічаються два основні типи конгломератів: зіркоподібні та здвоєні кристали [3]. Конгломерати легко ламаються з утворенням значної кількості цукрового пилу.

Конгломерати містять значно більше золи у порівнянні з цукром без них. Більша кількість золи міститься в захоплених крапельках маточного розчину та у внутрішніх кутах з'єднаних разом кристалів. Шведські дослідники встановили, що при середній зольності цукру 0,015% в конгломератах вміст золи склав від 0,027% до 0,111%. Доведено також, що існує взаємозв'язок між вмістом золи і води в цукрі. Тобто висока зольність означає і більш високу вологість цукру із значним вмістом конгломератів.

Кольоровість конгломератів кристалів і дрібних кристалів завжди вища, ніж у однорідних кристалів цукру-піску (табл. 2).

Для забезпечення рівномірного гранулометричного складу цукру-піску і зменшення вмісту конгломератів необхідний якісний затравний матеріал і зведення до мінімуму утворення вторинних центрів кристалізації протягом усього циклу уварювання утфелів. Діаграма взаємозалежностей при кристалізації наведена на рис. 2 [2].

У порівнянні з кристалізацією цукру в утфелях низької чистоти, конгломерація відіграє більш суттєву роль при уварюванні утфелів білого цукру і цукру-рафінаду. Згідно з існуючими поглядами конгломерація викликається не лише випадковими зіткненнями двох криста-

Табл. 2  
Кольоровість фракцій цукру-піску із цукрових буряків

| Розмір фракцій, мкм                         | Залишок на ситі, г | Кольоровість, од. ICUMSA |
|---------------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| > 850                                       | 1,7                | 24,5                     |
| 600...850                                   | 34,1               | 20,5                     |
| 500...600                                   | 17,4               | 20,7                     |
| 425...500                                   | 15,3               | 21,4                     |
| 250...425                                   | 25,3               | 23,5                     |
| 212...250                                   | 3,5                | 26,5                     |
| 150...212                                   | 2,3                | 29,8                     |
| < 150                                       | 0,6                | 50,1                     |
| Середній розмір кристалів<br>М.А. = 519 мкм | 100                | 22,0                     |

лів цукру або змінами поверхневого натягу розчину, а також притягненням кристалів один до одного осмотичними силами, які найбільш різко проявляються у чистих розчинах (з незначним вмістом нецукрів).

Досвід вітчизняних і зарубіжних цукрових заводів показує, що вміст конгломератів у цукрі-піску можна зменшити на 40...50% за рахунок застосування якісної затравної пасти з високою рівномірністю кристалів, поверхнево-активних речовин та механічних циркуляторів у вакуум-апаратах.

З метою підвищення ефективності роботи кристалізаційних відділень і якості готової продукції слід попереджати включення в кристали твердих домішок і речовин колоїдної природи (поліцукриди, декстран, сапоніни тощо) за рахунок таких заходів:

◆ для заведення центрів кристалізації використовувати пасти або суспензії;

◆ в процесі уварювання утфелів уникати періодів розчинення кристалів або зон з ненасиченим станом;

◆ повільного, рівномірного і безперервного режиму нарощування кристалів, бажано з механічним перемішуванням;

◆ скорочувати у розумних межах час перебування утфелю у вакуум-апаратах і знижувати температуру процесу;

◆ застосування поверхнево-активних речовин, що не лише інтенсифікує процес, а часто зменшує також і кількість шкідливих включень до кристалів, які погіршують якість товарного цукру;

◆ вирішення більшості з вказаних вище завдань можливе лише за умови застосування сучасних систем автоматизації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. К.Д. Скорик. Промислова кристалізація цукру. — Навчальний посібник. — К.: ІПДО НУХТ, 2004. — 202 с.
2. Pot A., Kuijvenhoven L.J., Nie de L.H., Jong de E.J./ Zuckerindustrie. — 1984. — 109. — S.305–313.
3. Moller Christian / International Sugar Journal. — 1983, VOL 85, No. 1014, p. 163–165.