

Підвищення ефективності роботи сатураторів цукробурякового виробництва

Хомічак Л.М., Петриченко І.Б., Виговський В.Ю., Калініченко О.М.,
Белостоцький Л.Г.

Український державний університет харчових технологій

У цукробуряковому виробництві використовуються безбарботерні чи барботерні сатуратори безперервної дії з решітками чи без них, а також установки типу ШІ-ПАС для I сатурації та установки ШІ-ПСВ для II сатурації.

Відомо, що при періодичному способі обробки дефекованого соку диоксидом вуглецю його лужність знижується поступово. В односекційних сатураторах безперервної дії лужність дефекованого соку знижується різко за рахунок його змішування з великою масою практично відсатурованого соку, що знаходиться в апараті. Так встановлено [1], що в типовому сатураторі лужність соку різко знижується від лужності дефекованого соку 1,0...1,2 % СаО до лужності практично відсатурованого соку 0,08...0,1 % СаО. Зон високої лужності в апараті не виявлено, а максимальна лужність складає 0,24 % СаО.

Крім того, було встановлено, що тангенційний підвід сатураційного газу не забезпечує рівномірного розподілу газового потоку по перерізу апарата. Однією із причин цього є коливальні рухи бульбашок газу, що спливають, і зумовлюють повздовжню циркуляцію соку. В результаті збільшується газовміст і створюються умови для прориву газу в центральній частині апарата [2] (факельний режим). Оскільки газ в таких апаратах барботується через шар соку, то циркуляція газорідної суміші надто слабка і неорганізована, що зумовлює, в свою чергу, до нерівномірного, за тривалістю, перебування соку в сатураторах [3]. Внаслідок цього технологічні показники сатураційних соків, а також ступінь

поглинання CO_2 , та седиментаційно-фільтраційні властивості осаду соку не завжди відповідають вимогам цукробурякового виробництва.

Також відомо, що адсорбція нецукрів на частках CaCO_3 зростає зі збільшенням надлишку іонів кальцію в розчині. Це спостерігається при сатуруванні дефекованого соку в періодичних та секційних безперервних сатураторах, де ефект адсорбції нецукрів на карбонаті кальцію значно більший, ніж в типовому безбарботерному сатураторі безперервної дії [4].

Автор [3] сформулював дві основні вимоги до конструкції сучасного сатуратора безперервної дії: з одного боку в апараті повинно спостерігатися інтенсивне перемішування фаз, а з іншого необхідне поступове зниження лужності по секціям апарата. Згідно цих умов, наукові співробітники кафедри технології цукристих речовин УДУХТ та колективного малого підприємства "Блок" розробили два варіанти ефективного апаратурного оформлення сатураторів.

В основу розробки конструкції першого варіанту сатуратора поставлена мета забезпечення підвищення ступеня використання CO_2 і високої адсорбційної здатності частинок карбонату кальцію та покращення седиментаційно-фільтраційних властивостей осаду шляхом встановлення барботера, виконаного у вигляді променевого колектора [4], внутрішньої циркуляційної труби та карбонізатора-розподільника.

Схема сатуратора представлена на рис. 1. Він складається з корпуса циліндричної форми 1, всередині якого встановлена циркуляційна труба 2. У нижній частині циркуляційної труби розташований барботер 3, що являє собою променевий колектор, до якого під'єднаний трубопровід подачі сатураційного газу 6. Над газовим колектором встановлено карбонізатор-розподільник 5, який являє собою два конуси, з'єднани меншими основами і до якого під'єднаний трубопровід 4 дефекованого соку.

Сатуратор працює наступним чином. Дефекований сік по трубопроводу 4 тангенційно поступає у верхню частину карбонізатора-розподільника 5. При подаванні газу в барботажную зону циркуляційної

труби 2 в останній утворюється газорідинна суміш, густина якої менше густини сатураційного соку за межами циркуляційної труби, внаслідок чого виникає висхідний циркуляційний потік газової суміші як у карбонізаторі-розподільнику, так і всередині циркуляційної труби та низхідний потік соку за межами циркуляційної труби, тобто відбувається багаторазова циркуляція соку.

В роботі [5] встановлено, що найбільш раціонально вводити дефекований сік в барботажну зону циркуляційної труби, бо за цих умов створюється максимальна поверхня контакту свіжого сатураційного газу і високолужного соку. Встановлення карбонізатора-розподільника дозволяє не тільки рівномірно розподілити дефекований сік по перерізу циркуляційної труби, але й створити зону підвищеної лужності, в умовах якої утворюється високодисперсний осад карбонату кальцію, що є важливим фактором в покращенні адсорбційного очищення соку [6]. Наявність карбонізатора-розподільника забезпечує також ефект так званої “маятникової” сатурації [7]. Суть її полягає в миттєвому пересатуруванні та наступному підвищенні лужності. Це відбувається тому, що сік у нижній конічній частині корпусу сатуратора повинен мати рН однакове із соком на виході з сатуратора. Більшість цього соку за рахунок рециркуляції знову попадає в циркуляційну трубу, у нижній частині якої відбувається його миттєве пересатурування. Підіймаючись догори частково пересатурований сік змішується із частково карбонізованим дефекованим соком, що зумовлює до різкого підвищення рН. А ближче до верху циркуляційної труби рН соку знову наближується до заданої величини.

Досліди проведені в умовах Валуйського цукрового заводу (Росія) по визначенню рН соку в різних зонах сатуратора такої конструкції, результати яких показані на рис.1, підтверджують вищеописаний механізм. За рахунок “маятникового” процесу сатурації сік багаторазово проходить стадію рН 10,2...10,5 та 11,9 що сприяє як покращенню фільтраційних властивостей осаду (миттєва дегідратація при пересатурації), так і

підвищенню ефекту адсорбційного очищення (активація частинок CaCO_3 свіжим Ca(OH)_2 та повне розчинення останнього).

За даним принципом модернізовані апарати для проведення і сатурації на: Чортківському, Гнідавському, Володимр-Волинському, Волочиському, ім. Цюрупи, Красилівському (Україна), Слуцькому (Білорусія), Чернянському, Валуйському (Росія) цукрових заводах. Аналіз роботи сатураторів показав, що при цьому підвищується ефект очищення соку на 1,6...1,8 %, сатураційний сік стабільно має високі фільтраційні ($F_k = 1,5...2,6$) та седиментаційні властивості (середня швидкість осідання складає 5...6 см/хв), ступінь використання диоксиду вуглецю становить 68...72 %. Загалом це дозволяє скоротити витрати вапна на 0,15...0,21 % CaO до маси буряків.

Часто виникає запитання: чому на більшості західноєвропейських цукрових заводах ступінь використання CO_2 (K_{CO_2}) становить 85...90 %, а в нас – в межах 70 %? Відповідь проста: ступінь використання [8] залежить від висоти барботажного шару соку, від вмісту CO_2 в сатураційному газі та від величини і рівномірності розподілу бульбашок газу в соці, при цьому основний визначальний чинник – це величина барботажного шару соку, яка на заводах Німеччини, наприклад, складає 7 і більше метрів і визначається в першу чергу якістю дифузійного соку, а значить і витратою CaO (≈ 90 % і 1,5 % CaO відповідно). Здійснити це сьогодні в умовах вітчизняних цукрових заводів за чистоти дифузійного соку ≈ 85 % і витратою $\geq 2,5$ % CaO на очищення не є можливим, через сильне пініння соку і значну інкрустацію, хоча запропонована нами модернізація апаратів цілком дозволяє це зробити технічно за умови відповідних показників дифузійного соку.

З іншого боку, при випалювання вапняку на твердому паливі із всієї кількості CO_2 , що присутня в сатураційному газі, лише 70 % отримується від розкладу CaCO_3 , а решта 30 % - від згорання твердого палива. Таким чином загальна кількість CO_2 в сатураційному газі перевищує еквівалентну

йому потрібну для нейтралізації кількість вапна на 30 %, яка і йде на покриття низького коефіцієнта корисної дії сатураторів. З цього випливає висновок, що для добре працюючого сатуратора необхідний ступінь використання (утилізації) CO_2 повинен становити ≈ 70 %, а з врахуванням кількості вапна, яке нейтралізується вільними кислотами дифузійного соку, цей показник зменшується до 66...68 %.

Слід пам'ятати, що встановлені у 60 - ті роки сатуратори безперервної дії розраховувались на роботу цукрових заводів з незначною кількістю повертань нефільтрованого соку і сатурації на попередню дефекацію, а часто і без врахування повертань. Сьогодні за умови погіршення технологічних якостей сировини витрати вапна на очищення та кількість повертань нефільтрованих соків різко збільшились, що зумовило до зменшення тривалості процесу і сатурації майже в 2 рази, а вміст CO_2 в сатураційному газі через погіршення якості вапняку та використання замість коксу вугілля на більшості заводів різко знизився. Враховуючи, що на і сатурацію подається на один об'єм соку 22...25 раз більше сатураційного газу, то значно погіршуються гідродинамічні умови роботи сатураторів, що не дозволяє часто-густо тримати високу активну лужність дефекованого соку. З цих причин описана вище конструкція сатуратора не забезпечила виробничу потужність в умовах Січневого цукрового заводу (сезон 1999 р.). Крім цього, при малому діаметрі сатуратора (менше 2,8 м) встановлення внутрішньої циркуляційної труби необхідного діаметра ускладнює ремонтно-очисні роботи внаслідок незначної відстані при цьому між корпусом апарата та циркуляційною трубою. Тому, для заводів невеликої потужності (до 2000 т перероблення буряків за добу) нами запропонована інша конструкція сатуратора, в основу якої покладено встановлення радіальних перегородок, що розділяють нижню частину циліндричного корпусу апарата на секції, і розміщення в нижній частині сатуратора дугових барботерів.

Схема сатуратора представлена на рис. 2. Сатуратор складається з корпусу 1 циліндрично-конічної форми, нижня частина якого розділена радіальними перегородками 2 на чотири (шість) секції, дві (три) з яких більші по об'єму і розташовані по чергово. Висота перегородок однакова, і верхня їх частина знаходиться під шаром соку, що створює умови для рециркуляції. По центру нижньої частини циліндричної обичайки розташована труба 9 з двома (трьома) радіально спрямованими патрубками 4 зі зрізаними торцями для подачі дефекованого соку в нижні частини більших секцій 7. Безпосередньо під трубою 9 розміщений колектор сатураційного газу 8 з трубопроводом 3 для його підведення. У нижній частині більших секцій розташовані дугові барботери 5, з'єднані з колектором 8 радіальними променями 6.

Сатуратор працює наступним чином. Дефекований сік по трубопроводу 10 подається в трубу 9, з якої через патрубки 4, спрямовується у нижню частину більших секцій. В барботери 5 подається сатураційний газ по трубопроводу 3. Дефекований сік разом з сатураційним газом піднімається в більших секціях і переливається через радіальні перегородки у менші секції, в яких рухається вниз, звідки значна частина його знову потрапляє у більші секції.

Відпрацьований газ піднімається у верхню частину сатуратора, де, проходячи через сепаратор 11, відбувається відділення від нього краплинок соку.

Будова апарата дає можливість організувати більш рівномірну природну рециркуляцію соку, при цьому в порівнянні із встановленням оптимальної внутрішньої циркуляційної труби збільшується на 25...45 % загальна зона активної сатурації, що в цілому сприяє покращанню седиментаційних та фільтраційних властивостей осаду. В місці подачі свіжого сатураційного газу, за рахунок контакту з високолужним дефекованим соком, зростає коефіцієнт утилізації диоксида вуглецю і

підвищується адсорбційна здатність частинок карбонату кальцію, оскільки утворюються зони з високою лужністю.

За таким принципом модернізовано апарати I сатурації на Соснівецькому і Городище-Пустоварівському цукрових заводах (1999 р.) та апарати для проведення II сатурації на Клембівському і Красилівському цукрових заводах (2001 р.). Аналіз їх роботи показав, що модернізація апаратів за таким принципом значно полегшила управління процесом, тобто сприяла стабілізації рН на виході з апаратів, та зменшенню навантаження на вапняково-випалювальну піч за рахунок підвищення ступеня використання диоксиду вуглецю до 70...72 % (I сатурація) і 62...65 % (II сатурація). Крім цього, відповідно підвищився ефект очищення соків на 1,2 % і 2,0 %, що можна пояснити наявністю в сатураторах зон з підвищеною лужністю, більш стабільним підтримуванням кінцевої заданої лужності соків та зменшенням вмісту залишкових солей кальцію в очищеному соці. Останнє особливо проявляється на II сатурації, коли у низхідному циркуляційному контурі відбувається процес кристалізації CaCO_3 .

За запропонованими принципами модернізація сатураторів здійснюється силами заводів з незначними затратами матеріальних і людських ресурсів. Дані конструкції апаратів захищені патентами України.

Таким чином, провівши модернізацію апаратів за описаним принципом, можна різко підвищити ефективність роботи станції сатурації, що дозволить зменшити витрату вапна на очищення, покращити роботу фільтраційного обладнання та зменшити втрати цукрози в мелясі.

Література

1. Распределение концентрации щёлочи в объёме сока в типовых аппаратах I сатурации //Федоткин И.М., Рева Л.П., Шестаковский В.А. и др. – Сахарная промышленность, 1972, № 9, С. 29-33.
2. Соколов В.Н., Доманский И.В. Газожидкосные реакторы. – Л. Машиностроение, 1976.-216 с.
3. Рева Л.П. Интенсификация технологических процессов очистки сока в свеклосахарном производстве: Автореферат докт. дис.- М., 1982.-32 с.
4. Белостоцкий Л.Г. Интенсификация технологических процессов свеклосахарного производства. - М., ВО «Агропромиздат», 1989.-224 с.
5. Исследование гидродинамической обстановки в барботёрных сатураторах с целью совершенствования их конструкции // В.Ф. Шутка, Ю.В. Аникеев, В.А. Шестаковский, М.П. Спивак. – в кн. «Технологические особенности сахарного производства и пути повышения его эффективности». К., ВНИИСП, 1987.-С. 57-63.
6. Даишев М.И. Адсорбционная очистка карбонатом кальция в сахарном производстве. Известия вузов СССР. Пищевая технология. – 1972, №6. – С. 61-66.
7. Schiwiek H. Gegenwertiger Stand unserer Kentnisse uber die Saftreinigung. – Zucker, 29 (1976), №10.-S. 549-556.
8. Расчёт расхода сатурационного газа на I сатурацию // Белостоцкий Л.Г., Скорик К.Д., Петриченко И.Б., Петриченко А.Б. – Сахарная промышленность, 1985, № 11, С. 18-20.

Анотація

Описуються два варіанти модернізації сатураторів цукробурякового виробництва для заводів великої і малої потужності, що дозволяють за рахунок секціонування об'єму, створення зон з високою лужністю і багаторазової внутрішньої рециркуляції значно підвищити ефективність їх роботи.