



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 76757

(13) C2

(51) МПК

C07D 251/60 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МЕЛАМІНУ

1

(21) 20031213204

(22) 30.05.2002

(24) 15.09.2006

(86) РСТ/IT02/00348, 30.05.2002

(31) MI01A001216

(32) 08.06.2001

(33) IT

(46) 05.09.2006, Бюл. № 9, 2006 р.

(72) Ної Серджіо, IT, Пармеджані Массімо, IT, Сантуччі Роберто, IT

(73) ЮРОТЕХНІКА ГРУП С.А. СВІСС БРЕНЧ, СН

(56) US 3 161 638, А, 15.12.1964

WO 0071525, А1, 30.11.2000

(57) 1. Спосіб одержання меламіну шляхом піролізу сечовини при температурі в межах від 360°C до 420°C і тиску вище ніж 7МПа, в якому продукти реакції, які містять газову фазу та рідку фазу, піддають подальшому обробленню для добування меламіну, який **відрізняється** тим, що

а) згадану рідку фазу з реактора піролізу, яка містить меламін, сечовину, що не вступила в реакцію, проміжні окиснені продукти піролізу (ОАТ) та продукти конденсації меламіну з відщепленням аміаку (поліконденсати), подають у розташований за згаданим реактором додатковий реактор, який працює практично в тих самих умовах температури й тиску, що й згаданий реактор піролізу, і в який під тиском подають також газоподібний перегрітий безводний аміак із метою вилучення розчиненого CO₂, завершення реакції піролізу сечовини та перетворення більшої частини ОАТ у меламін, забезпечуючи одночасно зниження концентрації поліконденсатів;

б) рідкий продукт зі згаданого додаткового реактора розчиняють у водному розчині в гасильній колоні в присутності аміаку при підтриманні контрольованих умов температури та часу перебування з одержанням розчину, практично вільного від поліконденсатів, котрий потім піддають кристалізації з одержанням меламіну високої чистоти та водного маточного розчину, що містить меламін та зменшені кількості ОАТ, більшу частину якого повертають в гасильну колону без додаткового оброблення;

с) безводну газову фазу, яка надходить із реактора піролізу та додаткового реактора, піддають промиванню розплавленою сечовиною з метою

2

добування меламіну, що міститься в згаданій газовій фазі у вигляді пари, після чого повертають в установку синтезу сечовини для утилізації NH₃ та CO₂, які містяться в цій газовій фазі.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що меншу частину водного маточного розчину, яку за п. 1b не повертають у гасильну колону, піддають обробленню в системі утилізації аміаку для добування NH₃ та вилучення розчиненого в згаданому розчині CO₂, після чого подають в систему осадження та відділення ОАТ, призначену для підтримання у водному циклі постійної концентрації згаданих ОАТ на рівні нижче межі їх розчинності.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що газоподібний безводний та перегрітий аміак подають у згаданий додатковий реактор у масовому співвідношенні від 1:10 до 1:1, у варіанті, якому віддається перевага, 1:3 відносно згаданої неочищеної рідкої фази.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що час перебування згаданого рідкого потоку в додатковому реакторі становить від 0 год. до 2 год., у варіанті, якому віддається перевага, від 15хв до 45хв.

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що добування згаданого меламіну у вигляді пари здійснюють при робочому тиску реактора в безводних умовах шляхом промивання згаданого газового потоку, відхідних газів, розплавленою сечовиною.

6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що водний розчин, що містить меламін, в гасильній колоні витримують при температурі 160-170°C у присутності аміаку в концентрації вище 10%мас. протягом часу менше ніж 30хв.

7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що додатковий реактор є реактором того самого типу, що й реактор синтезу.

8. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що додатковий реактор є реактором із поршневим режимом потоку.

9. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що кількість згаданого водного маточного розчину, яку піддають обробленню в системі утилізації аміаку та в системі осадження та відділення ОАТ, становить від 0% до 20% кількості водного маточного розчину, яку виводять із сепаратора рідкої та твердої фаз.

(13) C2

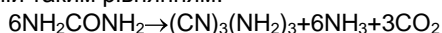
(11) 76757

(19) UA

Цей винахід стосується вдосконаленого способу виробництва меламіну високої чистоти, базованого на піролізі сечовини під високим тиском.

Більш конкретно, винахід стосується способу, який передбачає вловлювання та очищення в водному розчині меламіну, одержаного в реакторі, та його виділення шляхом кристалізації.

Відомо, що сумарна реакція перетворення сечовини в меламін відповідає стехіометрії, зображеній таким рівнянням:



сечовина меламін аміак діоксид вуглецю згідно з якою на кожний кілограм одержаного меламіну утворюється 1,86кг газоподібної суміші NH_3 та CO_2 (котру в цілому називають відхідними газами).

Відомо також, що найбільш поширеним способом, базованим на піролізі сечовини під високим тиском, є спосіб, [описаний в патенті США №3,161,638 (патентовласник фірма "Елайд")]. Основою цього способу є охолодження та вловлювання всіх вихідних потоків із реактора синтезу меламіну в середовищі водного розчину аміаку. Присутність аміаку як лужного середовища запобігає осадженню проміжних окиснених продуктів реакції піролізу, які зветься оксіамінотріазинами (ОАТ), та уможливорює перетворення в меламін побічних продуктів його конденсації з відщепленням аміаку (поліконденсатів), забезпечуючи, таким чином, високий ступінь чистоти продукту.

Згідно з цим способом, утворюється також потік відхідних газів, який містить водяну пару, що утворюється при вищезгаданому обробленні всього вихідного потоку з реактора у водному середовищі. Цю газову фазу, як правило, повертають в установку синтезу сечовини з метою утилізації NH_3 та CO_2 , що містяться в ній. Присутність водяної пари в потоці відхідних газів, однак, може ускладнювати роботу установки синтезу сечовини.

Крім того, залишковий водний розчин (маточний розчин), відділений від кристалічного меламіну згідно з цим способом, не може бути безпосередньо повернений у цикл і повторно використаний для розчинення меламіну, який надходить із реактора, оскільки концентрація ОАТ в такому разі безперервно зростає і, коли це водне середовище досягає насиченості, ОАТ починають осаджуватися спільно з кристалами меламіну, забруднюючи продукт. З цієї причини згаданий маточний розчин слід перед поверненням в цикл відповідним способом обробляти з метою відділення ОАТ та підтримання їх концентрації в маточному розчині на постійному рівні нижче межі розчинності. Вищезгадане оброблення не тільки ускладнює водний цикл вловлювання та очищення меламіну, але й збільшує виробничі витрати за рахунок як капітальних вкладень, так і енергоємності.

На Фіг.1 показано спрощену блок-схему здійснення способу згідно з вищезгаданим [патентом США №3,161,638], котрий являє собою прототип цього винаходу, з метою демонстрації переваг вдосконалень вищезгаданого способу, які пропонує цей винахід.

Згідно зі схемою Фіг.1, сечовина у формі рідини з температурою 135-140°C надходить в піролізну ванну реактора, який працює в безперервному режимі і в який за допомогою відповідної нагрівальної системи подають тепло, необхідне для реакції, підтримуючи температуру в системі на рівні 360-420°C. Тиск в реакторі підтримують на рівні вище 7МПа. Реактор є одностадійним, і реакційну масу підтримують в стані інтенсивної циркуляції за допомогою газів, що утворюються в процесі піролізу сечовини.

Масу, що прореагувала (рідину та газ) безперервно відводять в апарат (охолоджувач, або гасник), в якому її температуру знижують приблизно до 160°C у присутності водного розчину. В цих умовах увесь меламін, сечовина, що не вступила в реакцію, та різноманітні домішки переходять у розчин, і їх передають на подальші стадії процесу для оброблення, тоді як газову фазу, що складається, головним чином, з NH_3 та CO_2 , відділяють і повертають в установку синтезу сечовини разом із певною кількістю водяної пари, що відповідає термодинамічній рівновазі в умовах гасника.

Водний розчин, що виходить з гасника, містить також певну кількість розчиненого аміаку та CO_2 , який видаляють у колоні відпарювання CO_2 на наступній стадії процесу. Видалення CO_2 є необхідним для забезпечення високої чистоти меламіну при подальшому обробленні.

Водний потік із нижньої частини колони відпарювання CO_2 , який містить залишкову кількість CO_2 порядку 0,3-0,5% (мас), містить меламін в концентрації 6-12% (мас.) разом з ОАТ та поліконденсатами. Згадані поліконденсати, враховуючи їх низьку розчинність, слід видаляти перед подаванням згаданого водного потоку в кристалізатор для добування меламіну.

З метою видалення поліконденсатів розчин нагрівають приблизно до 170°C у присутності аміаку в відповідній колоні, що зветься гідролізатором, де аміак додають до підігрітого розчину до досягнення його концентрації 12-15% (мас). Під час перебування в гідролізаторі у вказаних умовах поліконденсати майже повністю перетворюються в меламін і, в меншому обсязі, в ОАТ.

Очищений аміачний розчин із гідролізатора надходить в кристалізатор, де його температуру знижують до 40-50°C, забезпечуючи таким чином кристалізацію переважної частини меламіну. Присутність аміаку в кристалізаторі сприяє утримувannya ОАТ в розчині і, таким чином, відділенню продукту, що характеризується високим ступенем чистоти (понад 99,9% мас).

На наступній стадії розділення твердої речовини та рідини кристалізований меламін відділяють від водного потоку, що містить ОАТ, які утворилися при реакції та в різних апаратах водного контуру внаслідок гідролізу меламіну.

Цей водний потік (що зветься маточним розчином), в якому присутній залишковий меламін в концентрації 0,8-1% (мас), не можна безпосередньо повертати в гасник, оскільки в такому разі кон-

центрація ОАТ в ньому безперервно зростала б, і після досягнення насичення вони випадали б в осад у кристалізаторі, забруднюючи продукт. З іншого боку, згаданий маточний розчин не можна відводити в оточуюче середовище, оскільки він містить велику кількість аміаку та інших органічних речовин. Крім того, скидання цього маточного розчину в відходи спричинило б значні економічні втрати внаслідок присутності в ньому мелаїну та аміаку.

Тому спосіб [за патентом США №3,161,638] передбачає оброблення маточного розчину в системі утилізації аміаку. На цій стадії повністю добувається аміак і утворюється розчин, що не містить аміаку; цей розчин містить майже виключно мелаїн та ОАТ. Охолодження цього розчину до кімнатної температури спричиняє осадження та відділення ОАТ, які, таким чином, виводяться з водного циклу, що дозволяє повертати в цикл очищений маточний розчин, і утилізувати мелаїн, який міститься в ньому.

Спосіб, ілюстрований вищеописаною схемою, на даний час використовують в численних промислових підприємствах; проте він вимагає витрат певної кількості пари у зв'язку з необхідністю оброблення майже всієї кількості маточного розчину, що містить ОАТ. Крім того, присутність води в потоці аміаку та діоксиду вуглецю (відхідних газах), який повертають в установку синтезу сечовини, вимагає деякого варіювання робочих умов цієї установки.

Предметом цього винаходу є спосіб виробництва мелаїну, значно вдосконалений у порівнянні з відомим способом, оскільки він уможливує: а) практично повну утилізацію мелаїну, розчиненого в маточному розчині, при незначних витратах; б) відділення та повертання в установку синтезу сечовини газового потоку, який містить NH_3 та CO_2 і є повністю вільним від води; с) досягнення істотного підвищення загальної ефективності установки з точки зору витрат сечовини; d) значне зниження енергоспоживання у процесі в цілому; е) зменшення кількості стадій процесу, підвищення коефіцієнта використання матеріальних потоків та показника ефективності капіталовкладень для установки.

Мета цього винаходу забезпечується способом, котрий вводить нескладні, але істотні зміни в відомий спосіб.

Головні зміни полягають у відділенні відхідних газів від продукту піролізу сечовини перед обробленням мелаїну в водному середовищі та в застосуванні додаткового реактора, включеного в схему за реактором піролізу, в який надходить рідка фаза, що містить увесь утворений мелаїн. Застосування додаткового реактора забезпечує досягнення практично 100% конверсії сечовини та різке зменшення кількості ОАТ, що утворюються при реакції. Зменшення кількості ОАТ уможливорює на наступних стадіях повернення більшої частини маточного розчину безпосередньо в гасник без будь-якої обробки, що дозволяє безпосередньо добувати без втрат відповідні кількості мелаїну та аміаку, які містять маточний розчин. Таким чином, кількість маточного розчину, перероблюваного на стадіях утилізації аміаку та осадження й відділення ОАТ, можна різко зменшити в порівнянні з

відомим способом, і відповідно зменшити капітальні витрати та енергоспоживання.

Спосіб виробництва мелаїну згідно з цим винаходом та переваги, які з нього витікають, можна найкраще зрозуміти з поданого нижче опису одного з варіантів здійснення цього винаходу за допомогою Фіг.2, що додається. Цей опис та відповідну схему процесу не слід розглядати як такі, що обмежують обсяг винаходу.

На блок-схемі, зображеній на Фіг.2, показано основне обладнання та матеріальні потоки продуктів та реагентів у спосіб згідно з цим винаходом.

Реактор, показаний на Фіг.2, працює в тих саме умовах, що й реактор Фіг.1, із тою відмінню, що він має два окремі виходи: вихід для відхідних газів та вихід для неочищеного рідкого мелаїну. Жодний з цих вихідних потоків не містить води.

Газоподібний безводний потік NH_3 та CO_2 , що містить пару мелаїну в кількості, що відповідає тиску його пари, надходить в систему промивання відхідних газів, обладнання якої працює під тим саме тиском, що й реактор піролізу. В системі промивання відхідних газів мелаїн видаляють із них шляхом безпосереднього контакту з розплавленою сечовиною, яка надходить у систему при температурі 135-140°C. При цій операції, під час якої значна кількість тепла відхідних газів утилізується у формі пари, мелаїн повністю добувають із цих газів шляхом розчинення в розплавленій сечовині, і одержану рідку суміш використовують як вхідний потік для реактора піролізу. Очищені вказаним чином відхідні гази, які виходять із системи промивання при температурі 170-200°C, повертають в установку синтезу сечовини для повної утилізації NH_3 та CO_2 . За одним із варіантів способу, газоподібну фракцію, що утворюється при реакції піролізу, можна відділяти у відповідному апараті, розташованому за реактором, або в самому додатковому реакторі, який в даному разі працює також як сепаратор.

Розплавлену сечовину, що містить добутий в системі промивання мелаїн, подають в реактор самопливом або за допомогою відповідного насосу.

Рідкий потік неочищеного мелаїну, який виходить із реактора, надходить у додатковий реактор, котрий працює при тих саме значеннях температури та тиску, що й основний реактор. В додатковому реакторі неочищений потік мелаїну входить у тісний контакт із перегрітим газоподібним аміаком, який подають у цей реактор у масовому співвідношенні від 1:10 до 1:1, як правило, 1:3, відносно неочищеного рідкого мелаїну.

Перегрітий аміак, який проходить через рідку масу неочищеного мелаїну, видаляє з нього розчинений CO_2 і забезпечує повне перетворення ОАТ в мелаїн.

Час перебування потоку мелаїну в додатковому реакторі може варіювати в межах від 0 год до 2 год., у варіанті, якому віддається перевага, від 15 хв. до 45 хв., при цьому досягається зниження вмісту ОАТ до значень, менших за 6000 млн^{-1} .

Цей додатковий час перебування потоку неочищеного рідкого мелаїну в додатковому реакторі забезпечує також завершення конверсії сечовини. Крім того, внаслідок видалення CO_2 ,

парціальний тиск аміаку в додатковому реакторі зростає, що сприяє зниженню концентрації поліконденсатів.

Очищений меламін, що виходить із додаткового реактора, містить зменшені кількості ОАТ та поліконденсатів і є практично вільним від залишкової сечовини.

Перегрітий аміак, який подають в додатковий реактор, залишається, головним чином, у паровій фазі, і після виведення його з додаткового реактора окремо від очищеного рідкого меламина, цей аміак поєднують із вихідними газами основного реактора перед надходженням їх у систему промивання відхідних газів, де відбувається добування меламина, присутнього у цій паровій фазі.

Потік очищеного рідкого меламина подають у гасильну колону, яка, внаслідок відсутності газової фази, працює в умовах повного заповнення рідиною. Очищений рідкий меламін надходить у нижню частину гасильної колони, де його безперервно інтенсивно перемішують за допомогою механічних пристроїв і вводять при температурі 160-170°C в тісний контакт із водою та розчином аміаку, який надходить з очисного контуру. Одержаний таким чином розчин, в якому вміст аміаку підтримують на рівні вище за 10% (мас), піднімається вгору по колоні за час контакту, достатній для перетворення залишкових поліконденсатів, що надходять із додаткового реактора, в меламін. Оскільки концентрація CO₂ в гасильній колоні є низькою (нижче ніж 0,1% (мас.)), ефективний гідроліз поліконденсатів у цій колоні досягається при дуже короткому часі контакту (менше 30хв.).

Водний розчин меламина з верхньої частини гасильної колони подають безпосередньо в кристалізатор, де температуру знижують до 40-50°C, викликаючи випадання в осад кристалів меламина дуже високого ступеня чистоти, які відділяють від маточного розчину на наступній стадії в сепараторі рідкої та твердої фаз.

Маточний розчин на виході із сепаратора рідкої та твердої фаз містить ОАТ в незначній концентрації, яка далеко не досягає значення насичення, оскільки вона була різко знижена в додатковому реакторі. Тому значну частку маточного розчину можна повертати в гасильну колону без будь-якого додаткового оброблення, при цьому не виникає ризик досягнення концентрації насичення ОАТ при наступному осадженні в кристалізаторі.

Згідно із запропонованим способом, який характеризує цей винахід, із метою стабілізації концентрації ОАТ у циркулюючому водному розчині при значенні, гарантовано далеко нижчому за значення, що відповідає насиченню в умовах кристалізатора, досить відводити лише незначну частку маточного розчину в систему утилізації аміаку та в систему осадження й відділення ОАТ. Частка маточного розчину, яка підлягає такому обробленню, становить менше ніж 20% загальної кількості, що виходить із сепаратора рідкої та твердої фаз. Чим нижче концентрація ОАТ на виході з додаткового реактора, тим менше має бути згадана частка. Іншими словами, чим вище ефективність додаткового реактора з точки зору зниження вмісту ОАТ, тим менша частка маточного розчину має бути

відведена на оброблення і тим більшою є економія капітальних витрат та енергоспоживання.

Частину маточного розчину, яку не повертають безпосередньо в гасильну колону, піддають такому саме обробленню, як в циклі, показаному на Фіг.1, і після відділення та утилізації аміаку в системі утилізації аміаку і видалення ОАТ в системі осадження та відділення ОАТ також повертають в гасильну колону, що забезпечує повне добування меламина та аміаку. Концентрацію CO₂, присутнього в очищеному вихідному потоці з додаткового реактора в мінімальній кількості, підтримують на постійному рівні шляхом безперервного відведення збагаченого CO₂ потоку з відповідної точки системи утилізації аміаку.

Запропонований процес забезпечує такі значні переваги:

1. Утворення відхідних газів, вільних від води (безводних відхідних газів), при підвищеному тиску, що спрощує їх утилізацію в установці синтезу сечовини, куди їх повертають. Економічна цінність безводних відхідних газів перевищує цінність вологих відхідних газів нижчого тиску, які утворюються в відомому способі.

2. Спрощення водного очисного контуру та різке зменшення розмірів системи утилізації аміаку та системи осадження та відділення ОАТ забезпечує зменшення капітальних витрат, яке перевищує додаткові капіталовкладення, пов'язані з введенням додаткового реактора та системи промивання відхідних газів. Система на основі способу, що є предметом цього винаходу, забезпечує зниження капітальних витрат більш ніж на 15% у порівнянні з відомими установками.

3. Повна конверсія сечовини та майже повне перетворення ОАТ в меламін в додатковому реакторі забезпечує підвищення загального виходу продукту, яке відповідає щонайменше 8% зниженню витрати сечовини в порівнянні з існуючою технологією.

4. Додаткове підвищення виходу продукту обумовлене зниженням гідролізу меламина в ОАТ у водному циклі внаслідок меншої кількості та об'єму апаратів, в яких меламін перебуває в контакт з водними розчинами при високій температурі. Це зменшення кількості та об'єму апаратів у водному циклі зумовлене спрощенням цього циклу та різким зменшенням місткості системи утилізації аміаку.

5. Безпосереднє повернення більшої частини маточного розчину із сепаратора рідкої та твердої фаз в гасильну колону (наслідком чого є зменшення частки розчину, який підлягає обробленню в системі утилізації аміаку) забезпечує зниження енергоспоживання більш ніж на 40% у порівнянні з відомим способом.

Приклад

В установці для виробництва меламина високої чистоти, спорудженій згідно з винаходом, яка включає всі стадії процесу згідно з Фіг.2, 950кг розплавленої сечовини при температурі 135°C подають в систему промивання безводних відхідних газів, які надходять із реакторної системи.

Промивання здійснюють при температурі 185°C під тиском 8МПа. В системі промивання одержують 746кг/год безводних відхідних газів,

вільних від мелаїну, які повертають в розташовану поруч установку синтезу сечовини, та рідку суміш, що містить сечовину та добутий мелаїн, яку самопливом подають у реактор.

В реакторі підтримують температуру 380°C і тиск 8МПа при часі перебування приблизно 50хв. (в розрахунок на вхідний потік розплавленої сечовини). З реактора виходить рідкий потік неочищеного мелаїну, який містить 91% (мас.) мелаїну, а також, через окремий вихід, газова суміш CO_2 та NH_3 , насичена паром мелаїну, яку подають в систему промивання відхідних газів для добування мелаїну. Рідкий потік подають в додатковий реактор, де за тих саме умов, що й в реакторі, його обробляють газовим потоком (100кг/год) перегрітого безводного аміаку, який майже повністю видаляє з рідини розчинений CO_2 . Час перебування рідкого мелаїну в цьому апараті становить 45хв. Аміак та газоподібний CO_2 , що виходять із додаткового реактора, об'єднують із відхідними газами з реактора і спільно відводять в апаратуру для промивання відхідних газів.

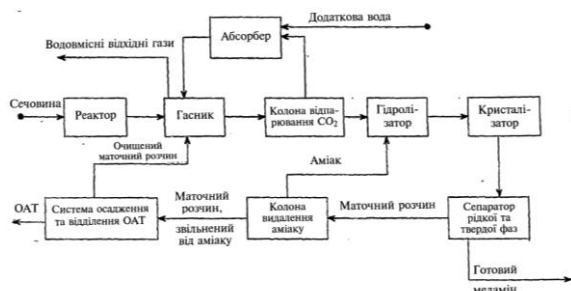
Розплавлений мелаїн, який виходить із додаткового реактора, містить приблизно 6000млн.^{-1} (мас.) ОАТ та менше ніж 1% (мас.) поліконденсатів.

Цей потік очищеного мелаїну подають в гасильну колону, де він повністю переходить у водний розчин під тиском $2,5\text{МПа}$ при температурі

170°C . Концентрацію NH_3 в гасильній колоні підтримують на рівні вище за 13% (мас.).

Водний розчин на виході з гасильної колоні містить 7,8% (мас.) мелаїну, менше ніж 2500млн.^{-1} ОАТ і менше ніж 10млн.^{-1} поліконденсатів. В кристалізаторі його доводять до температури 45°C і тиску, майже однакового з атмосферним. В цих умовах кристалізується 320кг/год мелаїну високої чистоти (99,95% (мас.)), котрий відділяють у сепараторі рідкої та твердої фаз і сушать. Із сепаратора рідкої та твердої фаз відводять $4,85\text{м}^3/\text{год}$ маточного розчину, з яких $4\text{м}^3/\text{год}$ повертають безпосередньо в гасильну колону для розчинення мелаїну, котрий надходить із додаткового реактора, а решту, тобто $0,85\text{м}^3/\text{год}$, піддають дистиляції в системі утилізації аміаку, де одержують 70кг/год безводного аміаку і як побічний продукт 90кг/год водного розчину аміаку, що містить CO_2 .

Звільнений від аміаку маточний розчин із системи утилізації аміаку, який містить менше ніж 700млн.^{-1} NH_3 , охолоджують до 50°C і доводять до рН7 додаванням незначної кількості CO_2 з метою зведення розчинності ОАТ до мінімуму і забезпечення майже повного їх осадження. Осаджені ОАТ відділяють фільтруванням і видаляють з водного циклу. Фільтрат, що являє собою 1% розчин мелаїну із вмістом ОАТ менше ніж 200млн.^{-1} , повертають в гасильну колону, добуваючи, таким чином, мелаїн, який міститься в ньому.



ФІГ. 1



ФІГ. 2