

Определен оптимальный вариант резино-вой смеси на основе натурального каучука, которая по прочностным показателям соответствует импортному аналогу и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к резине для лазерного гравирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никируй Е. // Друкарство, 1995, травень-серпень.
2. Патент України № 30223А, МКИ
3. Патент України № 33848А, МКИ

УДК 66.099.2-936.43.001.57

МАЛОГАБАРИТНІ АПАРАТИ ЗМІННОГО ПЕРЕТИНУ З ВИХРОВИМ ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ. ВПЛИВ РОЗПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НА РУХ ГРАНУЛ

В.І. Склабінський, д.т.н., А.Є. Артюхов
Сумський державний університет

Розроблено та обґрунтовано технологію дослідного виробництва гранульованих продуктів в апаратах зі зниженою висотою польоту гранул. Наведено результати випробування експериментального зразка вихрового гранулятора псевдозрідженого шару зі змінною площею перетину робочого простору та рекомендації щодо застосуванню різних типів газорозподільних пристроїв в промисловій технології.

Разработана и обоснована технология опытного производства гранулированных продуктов в аппаратах со сниженной высотой полета гранул. Приведены результаты испытания экспериментального образца вихрового гранулятора псевдоожигенного слоя с переменной площадью пересечения рабочего пространства и рекомендации по применению различных типов газораспределительных устройств в промышленной технологии.

На сьогодні для проектувальників технологічних комплексів виробництва гранульованих продуктів актуальною проблемою є зменшення розмірів грануляційного обладнання та підвищення його ефективності. Перехід від класичних технологічних схем баштової грануляції до апаратів із зменшеною висотою польоту гранул дасть змогу значно скоротити витрати на виробництво продукції.

Одним з варіантів рішення проблеми є створення конструкції гранулятора [1] (рис. 1). Можливість організації грануляції в закрученому потоці теплоносія і удосконалення техніки розпилювання розплавів, запропоновані в роботі [1], дасть змогу значно інтенсифікувати процес і збільшити швидкість росту гранул, підвищити ступінь монодисперсності готового продукту.

Важливим питанням, яке вимагає глибшого вивчення, є вплив конструкції газорозподільного вузла на характер закручування газового потоку та переміщення гранул у робочому просторі гранулятора, адже гідродинаміка газового потоку в робочому об'ємі вихрового гранулятора у великій мірі залежить саме від способу організації руху потоку газу і є визначальною характеристикою, що позначається на протіканні процесів теплопередачі і масопередачі в апараті-грануляторі.

Вивчення впливу гідродинаміки потоку теплоносія на рух гранул у вихровому грануляторі проводиться не вперше. Конструкція газорозподільного пристрою із завихрювачами запропонована [2], в цій же роботі було встановлено і характер розподілу гранул у робочому об'ємі гранулятора під час застосування такого типу пристрою. В той же час, дослідженню інших конструкцій вузлів газорозподілу не приділено достатньої уваги, запропонована конструкція не є оптимальною, має низку недоліків (наприклад, можливість утворення застійних зон в нижньому перетині робочої порожнини апарату), альтернативи конструкції, що досліджувалась, не запропоновано. Проблема вибору вузла завихрення газового потоку не достатньо вивчена. Виникає низка питань, пов'язаних зі створенням стабільного вихрового газового потоку за допомогою інших газорозподільних пристроїв, простіших за конструкцією без застосування завихрювачів, при цьому обов'язковою вимогою, яка ставиться до газорозподільного вузла гранулятора, є наявність в його конструкції пристрою для додаткового закручування газового потоку. Представляє інтерес можливість усунення недоліків конструкції, запропонованої [2], методом удосконалення окремих її частин.

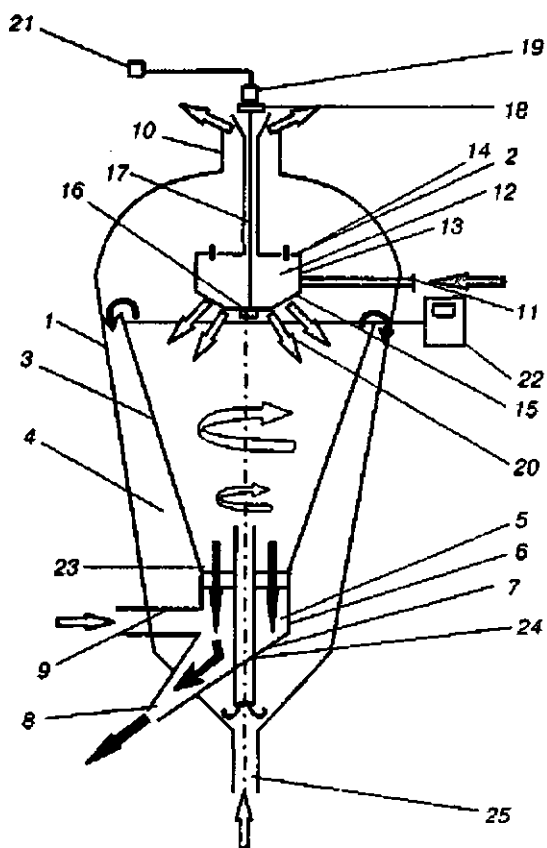


Рис. 1. Гранулятор псевдозрідженого шару з вібраційним розпиленням розплаву: 1 — основний корпус; 2 — еліптична кришка; 3 — додатковий корпус; 4 — міжкорпусний кільцевий простір; 5 — кільцевий уловлювач гранул; 6 — циліндрична порожнина кільцевого уловлювача гранул; 7 — нахильне днище; 8 — патрубок відведення готового продукту; 9 — патрубок подачі теплоносія; 10 — патрубок відведення відпрацьованого теплоносія; 11 — патрубок подачі розплаву; 12 — вузол розпилення; 13 — коробчатий корпус; 14 — отвори для відведення повітря; 15 — перфороване днище; 16 — плоска мембрана; 17 — шток; 18 — муфта; 19 — електромагнітний вібратор; 20 — датчик вібрацій; 21 — електронний регулятор; 22 — частотомір; 23 — вихровий газорозподільний вузол; 24 — патрубок рециркуляції гранул; 25 — патрубок подачі газу

При проектуванні грануляційного обладнання з вихровим псевдозрідженим шаром однією з проблем є забезпечення максимально можливого рівномірного розподілу гранул по всьому робочому об'єму апарату. Ця проблема повинна вирішуватись раціональним вибором конструкції газорозподільного пристрою, який одночасно із закручуванням газового потоку забезпечить однорідність вихрового шару. Характер руху твердих часток в робочому об'ємі вихрового гранулятора має свої особливості в порівнянні з переміщенням їх в класичному грануляторі псевдозрідженого шару. У вихрових грануляторах створюється закручений газовий потік, і характер руху твердої фази в даній двофазній системі відрізняється від характеру руху

в апаратах псевдозрідженого шару, розглянутих у [3, 4]. Гранулам надається впорядкований рух зі встановленою траєкторією переміщення. Необхідно встановити характер цієї траєкторії, закономірність переміщення пакетів гранул в робочому об'ємі гранулятора, тобто створити фізичну модель процесу, що досліджується.

Ця модель дає змогу простежити кількісні і якісні зміни параметрів процесу псевдозрідження у вихровому шарі та встановити оптимальні умови моделювання процесу гранулоутворення в закрученому газовому потоці.

На підставі викладених зауважень та можливих методів вирішення цієї проблеми формулюється мета подальших досліджень — вивчення впливу різних типів газорозподільних пристроїв на характер руху гранул у вихровому газовому потоці і підбір оптимальної конструкції газорозподільного вузла для створення в робочому просторі гранулятора сталого руху газового потоку, а також візуальне спостереження за характером розподілу гранул в апараті та переміщенням пакетів гранул під дією закрученого газового потоку.

Вивчення процесів, що відбуваються у вихровому псевдозрідженому шарі, виконувалось на експериментальному стенді отримання гранульованих продуктів, зокрема, пористої аміачної селітри з використанням методики безбаштової грануляції. Основна складова частина експериментального стенду — дослідний зразок вихрового гранулятора псевдозрідженого шару (рис. 2).



Рис. 2. Експериментальний зразок вихрового гранулятора

Дослідження вихрового псевдозрідженого шару на експериментальному стенді грануляції пористих матеріалів здійснювали в такій послідовності. На попередньому етапі досліджень було проведено моделювання ходу процесу отримання гранульованого пористого матеріалу в апараті з вихровим псевдозрідженим шаром. В ході даного етапу встановлювалися оптимальні значення технологічних параметрів процесу грануляції з урахуванням фізико-хімічних властивостей аміачної селітри та особливостей проведення процесу виробництва продукту в закрученому газовому потоці. За допомогою технічних засобів контролю параметрів процесу (температура, тиск, витрата матеріальних потоків), підібраних відповідно до вимог техніки безпеки проведення технологічного процесу (пожежної та вибухової безпеки) і властивостей гранульованої аміачної селітри (мала чутливість аміачної селітри до поштовхів, тертя, ударів, збереження стійкості під час попадання іскри різної інтенсивності), були визначені оптимальні умови протікання процесу. Отримані значення технологічних параметрів процесу в подальшому будуть використані для проектування вихрового гранулятора і розробки технологічної схеми виробництва пористої аміачної селітри в промислових умовах.

Проведений попередній етап досліджень, на експериментальному стенді виробництва гранульованих пористих продуктів, став основою подальшого проведення експерименту. Знаючи умови протікання процесу грануляції, які описані числовими значеннями технологічних параметрів, стає можливим вивчення впливу конструкції газорозподільного апарату на характер руху твердих часток в робочому просторі гранулятора, що є другим і основним етапом досліджень.

На другому етапі розроблено декілька різних типів газорозподільних пристроїв для експериментального стенду вихрового гранулятора (рис. 3). Експериментальний зразок гранулятора має один з типів газорозподільного пристрою, розробленого для досліджень. Установка запускається на холодному ходу (без навантаження по розплаву аміачної селітри) за точним дотриманням співвідношення газової і твердої фази в робочому просторі гранулятора. Під час роботи установки проводиться візуальне спостереження руху гранул в робочому об'ємі дослідного зразка апарату. За результатами спостереження уточнюються оптимальні параметри процесу, отримані на першому етапі досліджень. Під час проведення серії дослідів з кожним типом газорозподільного пристрою вивчалися особливості траєкторії руху гранул, характер їх розподілу по робочому простору гранулятора, рівномірність розподілу

гранул, інтенсивність переміщення пакетів гранул. Отримані результати дали змогу зробити висновок про можливість використання такої конструкції газорозподільного пристрою в промислових умовах у випадку зміни окремих деталей в конструкції газорозподільного апарату, з підбором оптимального варіанту конфігурації цього пристрою.



Рис.3. Конструкції газорозподільних пристроїв для утворення вихрового псевдозрідженого шару: а — плоский перфорований елемент; б — плоский перфорований елемент з завихрювачами; в — комбінований газорозподільний вузол з завихрювачами

З метою підтвердження результатів візуальних спостережень здійснено вивчення характеристики руху гранул за допомогою фотографічної та кінозйомки. Отримані матеріали дали змогу зробити додаткові висновки з проблеми, що вивчається і раніше не висвітлені у роботі [2].

Розглянемо вплив конструкції газорозподільного пристрою на характер руху гранул в робочому просторі вихрового гранулятора псевдозрідженого шару і рівномірність їх розподілу по перетину апарату.

Газорозподільний пристрій, представлений на рис. 3а, є перфорованим елементом, що виготовлений з листової сталі. Перевагою такого типу пристрою є те, що це найпростіша конструкція із запропонованих для дослідження. Технологія виготовлення такого вузла розподілу газового потоку в промислових масштабах не представляє труднощів (всі технологічні операції виробництва є типовими в апаратобудуванні). Але для цієї конструкції є характерним один недолік: отримання отворів в полотні пристрою вимагає досить великого ступеня точності щодо чистоти поверхні, яка безпосередньо контактує з газовим потоком. Одним з варіантів фінальної обробки таких отворів є, наприклад, розгортання. Такий тип обробки на відміну від свердлення без використання чистових операцій забезпечить рівномірний розподіл газової фази по всьому перетину газорозподільного елемента і, як наслідок, продуктивне функціонування гранулятора в цілому.

Дослідження характеру розподілу твердої фази у робочому просторі гранулятора і траєкторії її руху (рис. 4) під час використання газорозподільного елемента такого типу продемонструвало таке:

- відбувається розподіл газової фази по перетину робочої зони апарату, але цей розподіл нерівномірний, що зумовлює нестабільний рух гранул по робочому об'єму;
- неможливість визначення характеру і траєкторії руху твердих часток внаслідок нерівномірності подачі газової фази в різні точки робочого простору гранулятора;
- створення в робочому об'ємі апарату не вихрового, а нерівномірного псевдозрідженого шару, що є ближчим до фонтануючого з деякими спонтанними завихреннями в різних його частинах без встановлення закономірностей їх появи;
- утворення застійних зон біля стінок внутрішнього конуса.



Рис. 4. Розподіл гранул в апараті за умови установки плоского перфорованого газорозподільного пристрою: 1 — основний корпус; 2 — додатковий корпус; 3 — газорозподільний пристрій; 4 — потік гранул

В результаті проведених досліджень цього типу газорозподільного пристрою можна зробити висновок про неможливість його використання для створення сталого вихрового псевдозрідженого шару, незважаючи на достатньо просту конструкцію і технологію виготовлення.

Друга конструкція газорозподільного пристрою (рис. 3б), також є плоским перфорованим елементом, що виготовлений з листової сталі. Переваги і недоліки цього типу газорозподільного пристрою ті ж, що і у попередньому випадку. Але на відміну від попередньої конструкції, ця характеризується наявністю двох лопаток, розташованих симетрично на полотні газорозподільного елемента і встановлених під кутом для надання газовій фазі закрученої траєкторії. Наявність елементів завихрення газового потоку дає змогу принципово змінити характер руху технологічного повітря, що надходить до робочого простору гранулятора для створення псевдозрідженого шару гранул.

Спостереження характеру розподілу твердої фази і траєкторії її руху під час використання у вихровому грануляторі газорозподільного

пристрою такого типу (рис. 5) дало змогу зробити такі висновки:

- відбувається розподіл газової фази по перетину робочої зони апарату, але він також нерівномірний внаслідок використання простого свердлення як виду фінальної обробки перфорованої частини газорозподільного пристрою. Аналогічно простому перфорованому елементу це спричиняє за собою несталый рух гранул по робочому об'єму гранулятора;
- завдяки наявності лопаток, що надають газовому потоку закручену траєкторію руху, псевдозріджений шар набуває більш сталого характеру і властивостей вихрового руху по всьому робочому об'єму гранулятора;
- гранули псевдозрідженого шару набувають впорядкованого руху по спіралеподібній траєкторії, але ця траєкторія руху може порушуватися і вихровий шар може набувати ознак фонтануючого; цю зміну неможливо передбачити і контролювати за допомогою варіації технологічних параметрів у певному діапазоні роботи експериментального стенду;
- утворення застійних зон біля стінок внутрішнього конуса носить менш виражений характер.

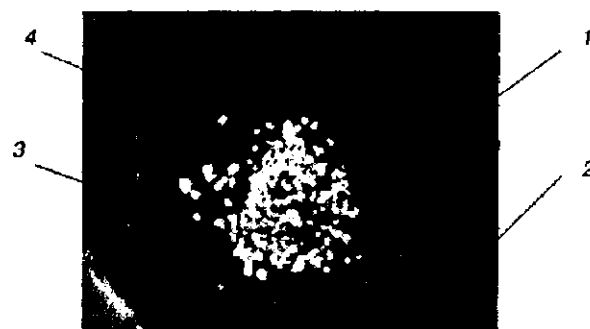


Рис. 5. Розподіл гранул в апараті за умови установки плоского перфорованого газорозподільного пристрою з завихрювачами: 1 — основний корпус; 2 — додатковий корпус; 3 — газорозподільний пристрій; 4 — потік гранул

Газорозподільним пристроям, що були розглянуті вище, властивим є ще один спільний недолік: при виготовленні таких елементів конструкції гранулятора необхідне суворе дотримання співвідношення між площею верхньої перфорованої частини пристрою і його загальної площі перетину. Недотримання встановлених норм буде мати негативний вплив і може стати причиною нестабільного вихрового руху газової фази.

На підставі викладених результатів візуального дослідження можна констатувати, що застосування такого типу газорозподільного

пристрою для створення закрученого газового потоку, а також надання гранулам спіралеподібної траєкторії руху, є перспективним. В той же час, ця конструкція потребує вдосконалення для реалізації можливості вирівнювання діапазону колових швидкостей у кожному перетині робочого простору гранулятора.

Вдосконалена конструкція газорозподільного пристрою (рис. 3в) складається з двох зон, що сприяють інтенсифікації процесу утворення вихрового руху газового потоку та встановлення його сталого руху. Перша зона вихроутворення конструктивно оформлена таким чином: на нижньому перетині газорозподільвача знаходиться шість елементів-перегородок, що встановлені симетрично до вертикальної вісі робочого простору гранулятора. Завдяки контакту технологічного повітря з перегородками досягається первісне утворення закрученого газового потоку до другої зони контакту газова фаза надходить крізь отвори в полотні, маючи колову складову швидкості руху та рівномірно розподілившись по всьому перетину пристрою. Цього не спостерігається в двох перших газорозподільвачах, де газовий потік не має можливості набути обертового руху. Друга зона газорозподільного пристрою має шість похилих лопаток, встановлених на верхньому перетині під кутом до плоского полотна. Ці лопатки є завихрювачами, які повинні надати газовому потоку, що надходить в апарат, додаткового закручування по спіралеподібній траєкторії. Розташування лопаток співпадає з розташуванням перегородок. Запропонована конструкція характеризується також наявністю конічної частини, що запобігає утворенню застійних зон біля стінок робочої порожнини гранулятора.

Характер розподілу твердої фази і траєкторія її руху під час впровадження такого газорозподільного пристрою (рис. 6) показали:

- розподіл газової фази по перетину робочої зони апарату рівномірний в кожній її окремій частині;
- псевдозріджений шар набуває сталого характеру і ознак вихрового руху по всьому робочому об'єму гранулятора;
- гранули набувають яскраво виражену впорядковану спіралевидну траєкторію руху;
- утворення застійних зон біля стінок внутрішнього конуса відсутнє завдяки конічній вставці та підвищенню інтенсивності руху закрученого газового потоку.



Рис. 6. Розподіл гранул в апараті за умови установки комбінованого газорозподільного вузла з завихрювачами: 1 — основний корпус; 2 — додатковий корпус; 3 — газорозподільний пристрій; 4 — потік гранул

Таким чином, використання такого типу газорозподільного пристрою наочно відображає створення вихрового псевдозрідженого шару в експериментальному стенді і дозволяє візуально спостерігати за характером розміщення твердих часток в робочому об'ємі гранулятора.

Проведена серія дослідів з вивчення конструкції газорозподільних пристроїв дала змогу розробити фізичну модель руху гранул в робочому об'ємі гранулятора. Крім того, встановлення оптимальної конструкції пристрою для розподілу газового потоку, яка має забезпечити сталий вихровий псевдозріджений шар, дає привід з впевненістю говорити про отримання готового продукту на експериментальній установці виробництва гранульованих пористих продуктів і підтвердження доцільності впровадження апаратів такого типу в малотоннажне виробництво на зміну класичному грануляційному обладнанню.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заявка № а 2005 12066 України МПК 7 В 01 J2/16.
2. Парьохін А.В., Складінський В.І. // Хімічна промисловість України. 2002. № 2. С. 35–38.
3. Классен П.В., Гришаев И.Г., Шомин И.П. Гранулирование. М.: Химия, 1991. 240 с.
4. Юхименко М.П., Вакал С.В., Кононенко М.П., Філонов А.П. Апарати завислого шару. Теоретичні основи і розрахунок. Суми: Собор, 2003. 304 с.