



## Практика нанесения покрытий в псевдооживленном слое – целенаправленное воздействие на свойства твердых веществ

Михаэль Якоб, Glatt Ingenieurtechnik GmbH, Веймар, Германия;

Катя Майер, Магдебургский университет им. Отто фон Герике, Германия

При разработке процессов нанесения покрытий основная задача разработчиков технологий и продуктов заключается в точной спецификации целевых параметров (нужных свойств) и определении технологических, а также коммерческих условий. На их основании подбирают соответ-

ствующую технологию изготовления нужного продукта. Данный процесс проходит, как правило, поэтапно. При этом на основе базовой концепции обсуждают различные варианты производства и оптимизируют процесс с точки зрения свойств продукта и издержек.

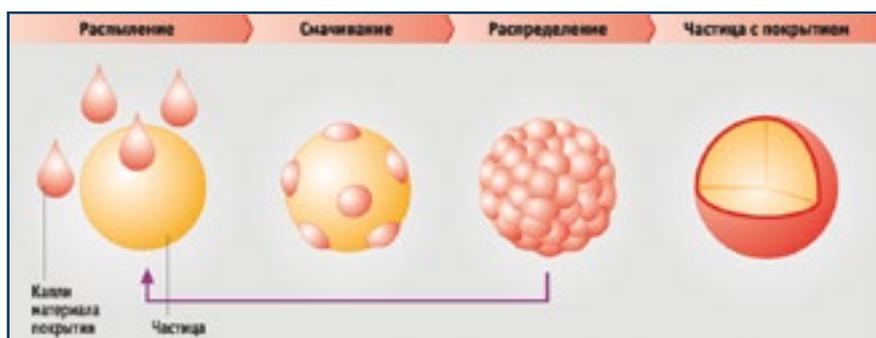


Рис. 1. Основной принцип нанесения покрытия

Процесс нанесения покрытий активно применяется в многочисленных отраслях промышленности и включает:

- защиту продукта или защиту от продукта;
- улучшение стабильности свойств продукта при хранении;
- изменение или регулирование профилей выделения;
- уменьшение гигроскопичности твердых веществ;
- изменение текучести, структуры поверхности и внешнего вида;
- получение композитных частиц;
- изменение вкуса и запаха;
- прочее.

Для осуществления процесса нанесения покрытий имеется ряд технологических аппаратов, различающихся своими основными принципами, а также сферами применения.

При классическом способе нанесения покрытий дисперсные продукты (грануляты, экструдаты, кристаллы, таблетки) путем распыления жидкости, содержащей твердые частицы, покрываются наружным слоем (рис. 1). В аппарате для нанесения покрытий происходит процесс затвердевания, на который можно направленно влиять с помощью различных термических и аэрогидродинамических технологических параметров.

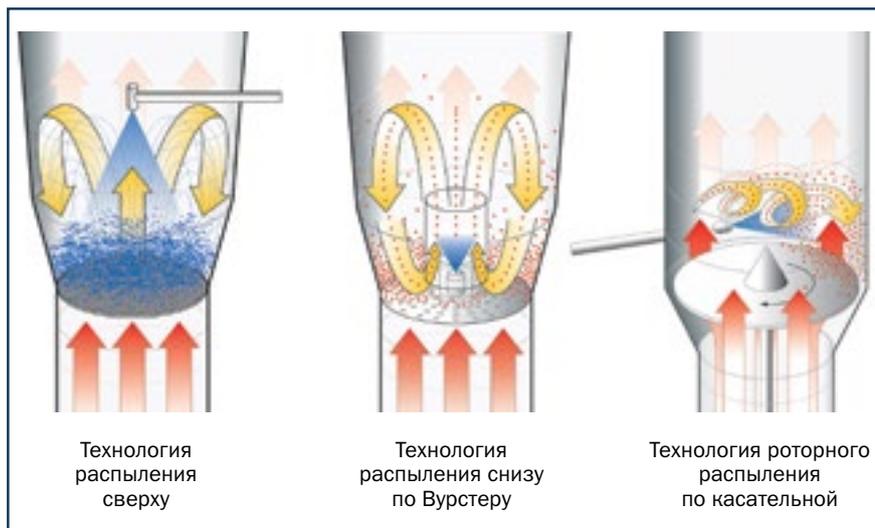


Рис. 2. Обзор технологических вариантов нанесения покрытий

Во время процесса происходит распыление жидкого материала оболочки, в результате чего непосредственно на поверхности частицы в процессе сушки или затвердевания образуется очень плотная и однородная пленка покрытия.

При реализации этих сфер применения очень часто используют аппараты с псевдооживленным слоем, который образуется при прохождении через сыпучий материал газообразного оживляющего агента (которым, как правило, является воздух или азот), вследствие чего частицы переходят во взвешенное состояние и интенсивно перемешиваются. Ввод жидкости в технологическую камеру аппарата для нанесения покрытий через одну или несколько форсунок может проводиться по-разному. В простейшем случае жидкость распыляется на псевдооживленный слой сверху (распыление сверху). В противоположность этому, особенно для вязких распыляемых сред или при повышенной клейкости, распыление можно осуществлять в псевдооживленный слой снизу вверх (распыление снизу). На этой основе был разработан дополнительный вариант процесса, при котором частицы перемещаются через зону распыления контролируемо и равномерно (распыление снизу по методу Вур-

стера). Это обеспечивается встраиванием стояка вокруг форсунки, а также использованием впускных днщ специальной конструкции, что позволяет наносить весьма равномерные слои покрытия и оптимизировать качество. На рис. 2 (слева и посередине) графически показаны оба наиболее распространенных в промышленной практике варианта технологии – распыление сверху и распыление снизу по методу Вурстера.

Выбор той или иной технологии зависит от качества изготавливаемого продукта и свойств используемого сырья, а также твердых частиц, на которые наносится покрытие. **В этом случае важными факторами влияния являются в частности:**

- распределение по размерам твердых частиц, на которые наносится покрытие;
- вязкость распыляемой жидкости;
- содержание воды (или растворителя) в распыляемой жидкости;
- толщина наносимого слоя покрытия (толщина пленки);
- форма распыляемой жидкости (раствор, суспензия, дисперсия или расплав);
- требования, предъявляемые к равномерности;
- прочее.



**GPCG 10** – установка для сушки, гранулирования, нанесения покрытий и пеллетирования. Оптимальный размер партии от 2 до 25 кг. Возможно исполнение PRO. Гибкий выбор комплектующих, проста в эксплуатации и очистке, легкая установка предварительно смонтированных технологических и технических узлов



**Mini/Midi-Glatf** – установка гранулирования в псевдооживленном слое со сменными рабочими колоннами для проведения испытаний сушки и гранулирования небольших партий и с максимальным качеством. Размер партии 25 – 375 г (Mini-Glatf), 375 – 1350 г (Midi-Glatf)



Рис. 3. Микроскопическое представление частиц

В дополнение к уже названным параметрам влияния при нанесении покрытий можно также использовать аэрогидромеханические параметры. В так называемых роторных аппаратах возможно высокоэффективное нанесение покрытий на неравномерно структурированные изделия (например, экструдаты). В роторных псевдооживленных слоях дополнительно к псевдооживлению воздух вносит в перемешиваемый сыпучий материал ме-

ханические силы, для чего вместо обычного впускного днища используется вращающийся роторный диск. Он перемещает частицы наружу, где затем воздушный поток, поступающий в технологическую камеру через кольцевой зазор, транспортирует их вверх. За счет этого устанавливается интенсивный «спиральный» поток твердых частиц, в который можно весьма эффективно производить распыление по касательной (см. рис. 2, справа).

В целях достижения различных свойств продукта при практическом применении используют отдельные варианты технологии нанесения покрытий. Для демонстрации подобных эффектов в рамках исследования исходные частицы (селлеты) сначала покрывали слоем модельного биологически активного вещества (NaCl). Затем с использованием различных способов нанесения покрытий наносили функциональный слой (эудрагит) пролонгированного действия (sustained release (SR) – замедленное высвобождение активного начала). Для сопоставимости условий пленкообразования условия процесса между собой не варьировались.

На рис. 3 представлены снимки частиц отдельных фаз процесса. Для наглядности оба слоя покрытия выделены разными цветами.

При всех рассмотренных вариантах технологии удалось получить визуально равномерные и плотные покрытия. Распределение частиц по размерам также имеет незначительные отклонения (рис. 4). Несущественные различия объясняются тем, что исходные частицы являются относительно крупными ( $d_{50}=1250 \mu\text{m}$ ), а оба слоя покрытия, при количестве нанесенного слоя 7% для модельного БАВ и 5% для покрытия пролонгированного действия, получаются малыми.

На рис. 5 в качестве примера показаны некоторые результаты

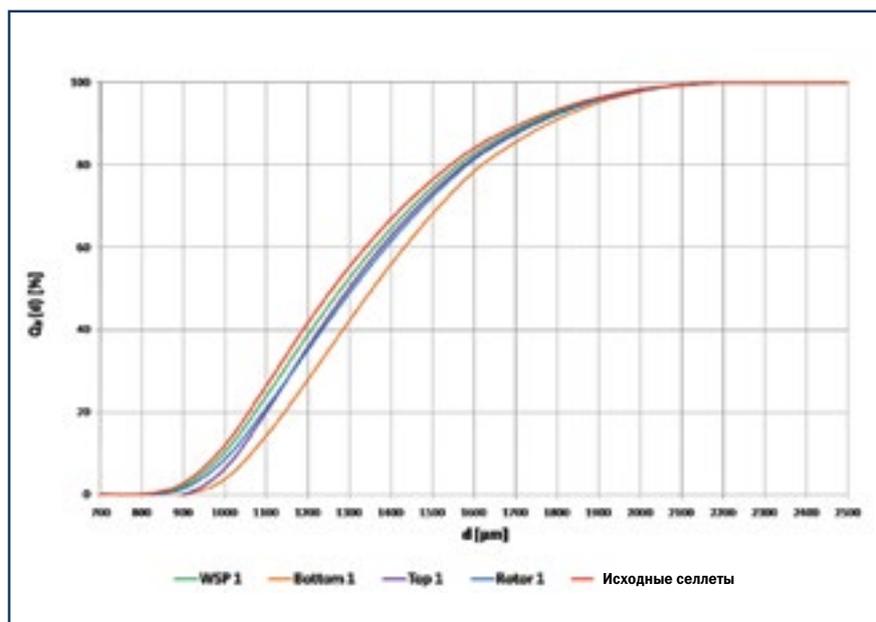


Рис. 4. Распределение частиц по размерам при различных вариантах технологии (питающий материал, WSP = метод Вурстера, Top = распыление сверху, Bottom = распыление снизу, Rotor = роторный метод)

измерений высвобождения. Выявлены заметные различия между отдельными профилями. При этом наиболее быстрое высвобождение активного начала было из пленочного покрытия, нанесенного в роторном аппарате, что объясняется сравнительно низкой прочностью или плотностью пленочного покрытия. Из всех вариантов технологии наиболее плотное покрытие было достигнуто при использовании метода Вурстера, в результате чего высвобождение происходило довольно медленно. По сравнению с ним достаточно неравномерное высвобождение было достигнуто при распылении сверху. Предполагаемой причиной этого является, к примеру, широкое распределение толщины стенок нанесенной пленки пролонгированного действия, вызываемое неравномерностью движения частиц через зону распыления. Профиль высвобождения при использовании технологии распыления снизу без стояка располагается между профилями высвобождения по технологии распыления сверху и по методу Вурстера.

Таким образом, процессы нанесения покрытий достаточно эффективно влияют на свойства твердых частиц в отношении технологии их применения. Имеющиеся варианты технологии, в дополнение к материальным (рецептурным) параметрам, открывают и другие возможности для оптимизации.

При практическом внедрении процессов нанесения покрытий на этапе разработки необходимо систематически анализировать применяемое производственное оборудование в целях получения продукта оптимального качества. Варианты технологии существенно отличаются, что может затруднить, например, передачу продукции между различными производственными установками.

Во всех практических случаях на этапе разработки необходимо проводить экспериментальные

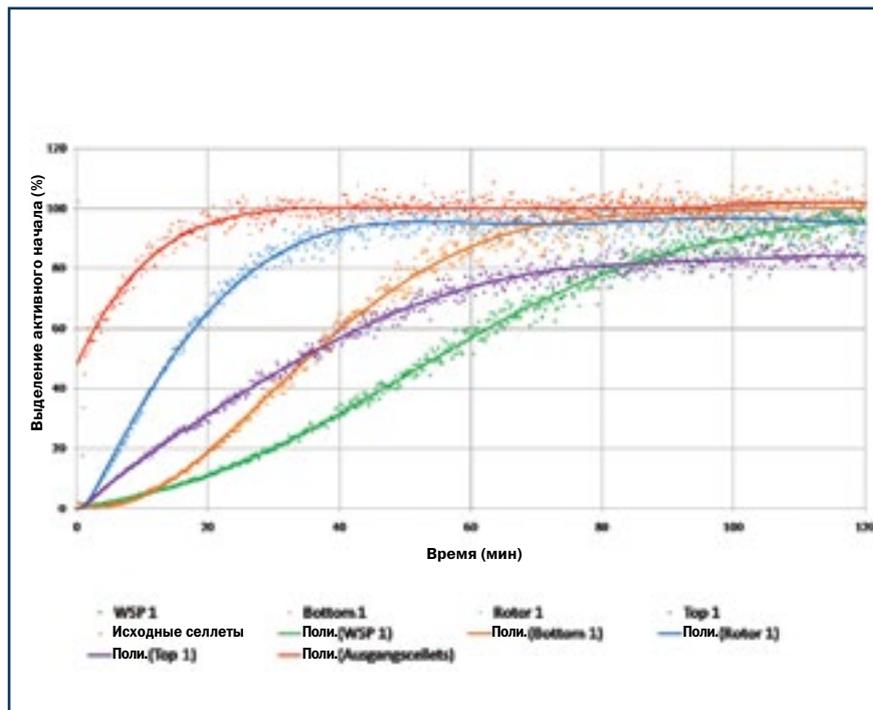


Рис. 5. Профили высвобождения при различных вариантах технологии (питающий материал, WSP = метод Вурстера, Top = распыление сверху, Bottom = распыление снизу, Rotor = роторный метод)

исследования, которые можно выполнить в лабораторном и пилотном масштабах в Технологическом центре фирмы Glatt Ingenieurtechnik GmbH, Веймар, Германия. К тому же предлагаются услуги по тестированию аппаратов для нанесения покрытий как периодического, так и непрерывного действия. ■



#### Контактная информация:

[www.glatt.com](http://www.glatt.com)  
[info.we@glatt.com](mailto:info.we@glatt.com)

**Glatt Ingenieurtechnik GmbH,**  
**представительство в РФ:**  
 РФ, 117630, Москва,  
 ул. Обручева, 23, корп. 3.  
 Тел.: +7 (495) 787-42-89  
 Факс: +7 (495) 787-42-91  
[info@glatt-moskau.com](mailto:info@glatt-moskau.com)



**ProCell LabSystem** – установка для гранулирования и пеллетирования порошков и/или жидких растворов, нанесения покрытий на частицы. Модульные вставки для псевдооживления, распыления и роторных процессов. Предназначена для серийных или непрерывных процессов. Производительность 200 г – 15 кг, скорость распыления 200 мл/ч – 18 л/ч, полезный объем 400 мл – 38 л