

ления, выступающие детали рельефа препятствуют попаданию материала на некоторые участки поверхности. Это явление называется «затенением». Если попытаться произвести процесс напыления при плохом вакууме, полученное покрытие будет, как правило, неоднородным, пористым из-за газовых включений и не сплошным. Цвет покрытия будет отличаться от чистого материала и поверхность будет матовой вне зависимости от гладкости подложки. Химический состав будет также отличаться от исходного за счёт образования оксидов, гидроксидов и нитридов.

Недостатком метода является сложность напыления материалов сложного состава из-за фракционирования, происходящего благодаря разнице в давлениях пара компонентов.

Система термического напыления включает в себя, как минимум, вакуумную камеру, в которой поддерживается высокий вакуум специальной откачной системой, подложку и источник тепла, передаваемого испаряемому материалу.

Для обеспечения равномерности напыления используют различные варианты вращающихся подложкодержателей. Как правило, также установка оснащается системой ионной очистки подложек или нагревателем для обеспечения требуемой чистоты поверхности и адгезии.

УДК 621.438.9

Мещеряков М. В.

## **ВАКУУМНАЯ СУБЛИМАЦИОННАЯ СУШКА**

*Белорусский национальный технический университет,*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. техн. наук,*

*доцент Комаровская В. М.*

Вакуумная сублимационная сушка (ВСС) – процесс, при котором излишняя жидкость превращается в пар, не подвергаясь кипячению. Сублимационная сушка применяется для об-

работки сыра, колбас, молока, овощей, фруктов, древесины и прочих материалов, нуждающихся в обработке. Вакуумная сушка продуктов сегодня является самой востребованной в промышленности, ведь её технология проста, не требует крупных финансовых вложений, но позволяет быстро добиться желаемых результатов.

Процесс ВСС делится на три этапа: замораживание, первичная сушка и вторичная сушка.

На первом этапе материал замораживают полностью до образования льда, при этом давление паров воды должно быть ниже тройной фазовой точки (610,62 Па).

На втором этапе происходит первичная сушка путем сублимации льда. Давление в сушильной камере значительно ниже давления паров льда, благодаря вакууму. Продукт нагревается и начинается процесс сублимации – водяные пары изнутри продукта поднимаются на его поверхность, а затем собираются на конденсаторе. Вместе с тем в продукте образуются поры за счет пространства, которое раньше занимали кристаллы льда.

На стадии вторичной сушки остатки воды удаляют путем десорбции из высушенного слоя продукта – этот этап выполняется путем повышения температуры и за счет снижения давления пара в сушильной камере.

Преимущества данного способа: значительная часть влаги испаряется, а, следовательно, снижается масса продукта, что упрощает его транспортировку; получаются продукты высокого качества; продукты легко поглощают влагу при восстановлении (могут восстанавливаться даже в холодной воде); сильно увеличивается срок хранения, а значит, продукт легче реализовывать; сохраняют первоначальные объем, цвет, вкус, летучие компоненты; могут храниться длительное время в помещениях с нерегулируемой температурой.

Современная вакуум-сублимационная установка включает сушильную (сублимационную) камеру, в которой расположе-

ны объект сушки (продукт) и средства энергоподвода, десублиматор с искусственно охлаждаемой поверхностью, на которой осаждается (десублимирует) удаленный из материала водяной пар, вакуум-насосы, создающие рабочий вакуум в сублимационной камере и непрерывно эвакуирующие из нее неконденсирующиеся газы, а также средства контроля и регулирования процесса сушки.

УДК 621.438.9

Мещеряков М. В.

### **ВИДЫ ВАКУУМНОЙ СУШКИ**

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
Научный руководитель: канд. техн. наук,  
доцент Комаровская В. М.*

Вакуумная сушка – процесс, при котором излишняя жидкость превращается в пар, не подвергаясь кипячению. Технология вакуумной сушки проста, не требует крупных финансовых вложений, но позволяет быстро добиться желаемых результатов.

Сегодня существует несколько видов вакуумной сушки:

- вакуумная сублимационная сушка;
- сушка, выполняемая в жидких теплопроводящих средах при помощи вакуума.

Сублимационные камеры представляют собой герметичные металлические горизонтальные аппараты чаще всего в форме цилиндра (см. рис. 1). Сублиматор соединен трубопроводом с конденсатором, в котором водяной пар из парогазовой смеси конденсируется на трубчатой или плоской поверхности теплообменного устройства. Для создания вакуума и удаления из сублиматора парогазовой смеси применяют различные меха-