



Ковбасюк А. А., Сарилов М. Ю.

A. A. Kovbasyuk, M. U. Sarilov

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА СУШКИ С ПОМОЩЬЮ РЕЗОНАТОРНОГО
РАСПЫЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА**

**DEVELOPMENT OF THE METHOD OF DRYING WITH RESONATOR SPRAY
DEVICES**

Ковбасюк Арнольд Артурович – студент Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: arni555@bk.ru.

Kovbasyuk Arnold Arturovich – student Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Komsomolsk-on-Amur, 27, Lenin avenue. E-mail: arni555@bk.ru.

Сарилов Михаил Юрьевич – доктор технических наук, профессор Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: sarilov@knastu.ru.

Mr. Mikhail Yu. Sarilov – Ph.D., professor, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: sarilov@knastu.ru.

Аннотация. В статье рассмотрен способ проведения процесса сушки с помощью резонаторного распылительного устройства, описаны основные характеристики распылителей, используемых в современной промышленности. Показаны характеристики резонаторного распылительного устройства и его влияние на процесс сушки.

Summary. In the article the way of conducting the drying process by using the cavity spray device, describes the main characteristics of the nozzles used in modern industry. Shows the characteristics of the cavity spray device and its effect on the drying process.

Ключевые слова: сушка, сушилка, форсунка, распыление, резонанс, кавитация, диспергирование, рабочая камера, гранулы

Key words: dryer, drying, nozzle, spraying, resonance, cavitation, dispersion, grinding chamber, the granules.

УДК 665.6.7

В современной химической и нефтеперерабатывающей промышленности важную роль играет процесс сушки. Сущность процесса сушки материалов в распыленном состоянии заключается в том, что диспергированная в виде капель жидкая или жидкообразная масса при своем распространении в некотором замкнутом объеме обезвоживается за счет разности парциальных давлений паров жидкости на поверхности капель и в окружающей среде. В зависимости от технологических требований к материалу в распылительной сушилке можно получать либо порошок, либо пластичную массу. Вследствие этого используют множество различных по конструкции сушильных аппаратов.

Перед другими способами сушки жидких и жидкообразных материалов сушка распылением имеет следующие преимущества: создание значительной поверхности взаимодействия дисперсионной фазы с дисперсионной средой; кратковременность процесса; получение гранулированного порошкообразного материала; механизация и автоматизация процесса сушки. Кроме того, сушка распылением позволяет получать особо чистые материалы, так как отсутствует контакт между влажными частицами и ограждениями аппарата, создавать высокопроизводительные агрегаты, использовать высокотемпературный теплоноситель, организовывать процесс сушки в вакууме или в среде инертных газов, совмещать в одном агрегате

процесс сушки с последующими технологическими процессами (дегидратацией, обжигом, плавлением и т. п.), надежно герметизировать аппарат.

В качестве недостатков процесса сушки распылением обычно отмечают сравнительно низкую напряженность сушильного объема по испаренной влаге ($5 \dots 15 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{ч}$); необходимость использования специальных устройств для выделения высушенного продукта из потока отработанных газов; низкий объемный вес получаемого продукта; сравнительно высокие расходы тепла и электроэнергии. Такие недостатки распылительной сушки, как низкая напряженность сушильного объема по испаренной влаге и сравнительно высокие расходы тепла и электроэнергии, органически ей не присущи. Их можно устранить путем оптимизации процесса распылительной сушки.

Распылительные сушилки предназначены для сушки растворов и суспензий с получением готового продукта в виде порошка или гранул. Сушимый материал распыливается в сушилке до капель, диаметр которых обычно составляет несколько десятков микрон; благодаря высокой дисперсности образуется развитая поверхность соприкосновения материала с сушильным агентом. Удаление из капель влаги, т. е. собственно сушка и получение готового продукта в виде порошка происходит в течение нескольких секунд. Сушка распылением обуславливается тремя основными процессами: распылением раствора, смешением газа и частиц раствора, тепло-и массообменом между ними. Кроме того, сушка распылением непосредственно связана с выделением сухих частиц из потока газов. Совокупность этих процессов определяет эффективность и технико-экономические показатели распылительных сушильных установок.

Основное достоинство распылительных сушилок – совмещение в одном агрегате процессов сушки и грануляции, благодаря чему схема приготовления порошка получается предельно компактной. Взаимодействие распыленного продукта, обладающего большой удельной поверхностью, с газами высокой температуры обуславливает короткую продолжительность сушки, что дает возможность создавать сушилки высокой производительности. Велики и технологические достоинства этого способа: порошок, полученный способом распылительной сушки, обладает по сравнению с порошком, приготовленным по сушильно-помольной технологии, хорошими технологическими свойствами для компрессионного прессования изделий. Гранулы порошка имеют округлую форму, а сам порошок является практически монофракционным с минимальным содержанием пылевидной фракции, что облегчает эвакуацию из него воздуха при прессовании изделий. Кроме того, пофракционная влажность порошка распылительной сушки при нормальной работе сушилки колеблется в узких пределах 1 – 2 %, что исключает локальные усадки отдельных гранул порошка в спрессованных изделиях [1].

Рабочей камерой распылительной сушилки является башня, в которой раствор определенной вязкости диспергирует на мелкие капли. Последние взаимодействуют с дымовыми газами высокой температуры и в короткое время, исчисляемое секундами, высыхают до остаточной влажности 7 – 9 %.

Основным рабочим органом, определяющим производительность сушилки, является форсунка. В технике сушки применяются два способа распыления растворов: с помощью механических и пневматических форсунок.

В механических форсунках распыление за счет центробежной силы осуществляется путем подачи раствора на быстро вращающийся диск. Под действием центробежной силы раствор движется на периферию диска и при помощи лопаток или сопел выгалькивается в камеру. Скорость вращения диска составляет от 4000 до 20000 об/мин. Окружная скорость диска выбирается до 200 м/с. Распыливающие диски могут приводиться во вращение электродвигателем или паровой турбинкой. Но, несмотря на большую скорость процесса сушки, интенсивность работы распылительных сушилок с применением форсунок данного типа невелика, поскольку на единицу объема аппарата одновременно приходится сравнительно небольшая масса материала. Их недостатками являются: неприменимость для распыла грубых

суспензий или растворов, содержащих твердые частицы или кристаллы; значительная чувствительность к засорению и вследствие этого недопустимость применения форсунок с диаметром меньше 1 мм; невозможность регулирования производительности, так как при этом меняется дисперсность, а также самопроизвольное изменение производительности форсунки вследствие увеличения от износа диаметра выходного отверстия.

Пневматические форсунки распыливают высушиваемый раствор за счет сжатого воздуха или водяного пара давлением от 1,5 до 6 ат. Производительность форсунок зависит как от свойств раствора, так и от температуры сушки. При повышении температуры сушильного агента производительность форсунок может возрасти. С помощью пневматических форсунок можно высушивать жидкости любой вязкости. Эти форсунки надежны и позволяют регулировать производительность. К недостаткам пневматических форсунок следует отнести неоднородность распыла и повышенный расход электроэнергии, а также сравнительно высокую стоимость распыливающего аппарата, его сравнительно сложную эксплуатацию и необходимость (из-за широкого факела) большого диаметра распылительной сушилки и, соответственно, большой площади помещения.

Наибольшее распространение получили распылительные сушилки с параллельным током газа и осаждающихся частиц. Их достоинством является возможность применения более высоких температур газа без перегрева сушимого материала. Это компенсирует меньшее время пребывания частиц в газовом потоке по сравнению с противотоком, который чаще всего применяется, когда требуется получить большой объемный вес порошка.

Для повышения эффективности сушильной башни рекомендуется использовать резонаторные распылительные устройства. Распылительное устройство выполнено в виде корпуса, имеющего внутри полость диаметром D , с 16 калиброванными отверстиями диаметром d , ось которых расположена под углом $40...75^\circ$ к оси распылительного устройства. Стенки распылительного устройства из-за того, что раствор по патрубку в полость устройства подается под повышенным давлением, совершают колебания. Частота вынуждающей силы определяется давлением нагнетательного насоса, а частота собственных колебаний – конструктивными параметрами устройства.

Максимальное увеличение энергии для резонатора будет наблюдаться на резонансной частоте f_p :

$$f_p = 0,5c(k_p / V_p)^{0,5} / \pi,$$

где k_p – проводимость отверстий, соединяющих резонаторную камеру объемом V_p (м^3);

$$k_p = \frac{nS_0}{l_{\text{омс}} + 0,8\sqrt{S_0}},$$

где n – количество отверстий; S_0 – площадь одного отверстия диаметром d_0 , м^2 ; $l_{\text{омс}}$ – глубина отверстия, м.

При этом резонансная частота волн лежит в оптимальном диапазоне частот от 15 до 16 кГц.

Благодаря резонансу скорость выхода высушиваемого раствора возрастает и повышается производительность всего аппарата в целом.

Процесс сушки проводится следующим образом. В рабочей камере сушилки расположено вращающееся распылительное устройство 6 для подачи высушиваемого раствора (или суспензии), распыляющегося под действием давления нагнетательного насоса (рис. 1). Нагретый теплоноситель подается в рабочую камеру по патрубку 1 через газораспределительную решетку 5 по всему сечению аппарата. При проточном движении раствора и теплоносителя происходит испарение влаги, гранулы материала оседают в нижней части конической камеры и удаляются через нижний патрубок аппарата 3. Отработанный теплоноситель удаляется через отверстия 7 в перфорированной части цилиндрического корпуса и вы-

водится из аппарата по специальному патрубку 4. При таком способе подвода теплоносителя повышается эффективность работы аппарата [2].

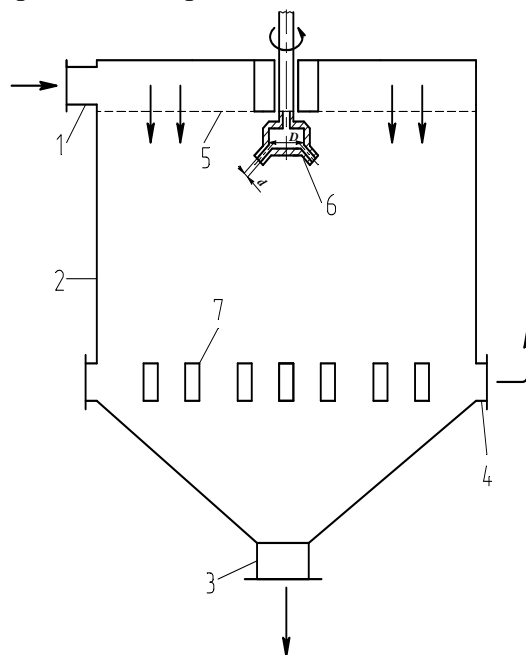


Рис. 1. Сушильный аппарат:

- 1 – патрубок для ввода раствора; 2 – корпус; 3 – патрубок для вывода сухого продукта; 4 – патрубок для вывода газов; 5 – газораспределительная решетка; 6 – резонаторное распылительное устройство; 7 – перфорированные отверстия

Важной отличительной чертой резонаторных распылительных устройств является то, что при их работе устраняется необходимость использования распылительного агента. Это экономически выгодно, так как из технологической схемы работы сушильной башни исключается компрессор, подающий воздух, который используется в качестве распылительного агента. Это приводит к равномерному распределению раствора по всему сечению сушилки и ликвидации «мертвых зон», в которых не происходит процесса сушки. При этом происходит экономия энергозатрат, так как энергия, затрачиваемая на вращение распылительного устройства, намного меньше, чем энергия, расходуемая на подачу распылительного агента.

Единственным недостатком резонаторного распылительного устройства является то, что толщину его стенки необходимо рассчитывать по параметрам, определяющим условия резонанса. При этом необходимо вводить коэффициент запаса, равный 1,1.

В целом использование резонаторного распылительного устройства более выгодно при проведении процесса сушки, так как меняется схема проведения самого процесса, снижаются энергозатраты, а также увеличивается производительность сушилки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поникаров, И. И. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки: учебник / И. И. Поникаров, М. Г. Гайнуллин. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Альфа-М, 2006. – 608 с.
2. Рашковская, Н. Б. Сушка в химической промышленности / Н. Б. Рашковская. – Л.: Химия, 1977. – 79 с.