

УДК 66.047

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОЙ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ВЗВЕШЕННЫМ СЛОЕМ ДЛЯ ДИСПЕРСНЫХ ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИХ И ТЕКСТИЛЬНО-ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М.Б.САЖИНА, В.А.УГЛОВ, В.Б.САЖИН, Б.С.САЖИН

**(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности,
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)**

Сушка – один из наиболее распространенных технологических процессов. Большая часть подлежащих сушке материалов в различных отраслях промышленности (более 80 %) являются дисперсными материалами, для которых наиболее эффективный метод сушки – это сушка в активных гидродинамических режимах взвешенного слоя. Организация процесса определяется характеристиками влажных материалов как объектов сушки и видом технологической задачи.

В настоящее время выбор эффективной сушилки и разработка задания на проектирование сушильной установки для данного конкретного материала – задача, требующая существенных затрат времени и значительных усилий группы исследователей.

Нами предложен иной подход к выбору сушильной установки. Разработана новая классификация влажных материалов [1], [2], позволяющая на основе анализа сорбционно-структурных характеристик материала, подлежащего сушке, определить наиболее эффективный способ решения стоящей технологической задачи: рекомендовать не только тип сушилки, но и состав сушильной установки в целом, предусматривая возможность сочетания процесса сушки с одновременным улавливанием.

Для выбора и расчета типовых аппаратов с взвешенным слоем, наилучшим образом соответствующих поставленной технологической задаче, разработаны обобщенные коды: технологические задачи и

их решение, в которых содержится информация о степени трудности технологической задачи по сушке данного материала (диффузионном сопротивлении при сушке данного материала, его адгезионно-когезионных свойствах, наличии или отсутствии пылевой фракции), а также информация об оптимальном решении этой задачи (рациональный тип сушилки, тип питателя сушильного аппарата, наличие и тип специального пылеуловителя в составе сушильной установки, наличие или отсутствие замкнутого цикла теплоносителя).

Рациональный состав и коды сушильных установок для всех классов влажных дисперсных материалов приведены в табл. 1. Основой для выбора сушильной установки является шифр материала по новой классификации влажных дисперсных материалов как объектов сушки В.Б. Сажина [1].

Например, М 3.2.2 - А (1.2 + 2.2) означает, что сушке подлежит материал третьего класса, имеющий вторую группу пор ($d_{кр} = 6$ нм), комкующийся, с явно выраженными адгезионно-когезионными свойствами ($K_{а-к} = 3$), имеющий пылевую фракцию, для сушки которого используется комбинированная аэрофонтанная сушилка (КАС), имеющая на первой ступени режим проходящего кипящего слоя с быстросходной мешалкой для разбивания комков, а на второй ступени – режим свободного фонтанирования.

Таблица 1

Класс материалов	Шифр материала по классификационной таблице	Тип сушилки	Код сушилки	Тип пылеуловителя	Шифр пылеуловителя	Тип питателя	Шифр питателя	Код сушильной установки
Первый	1.1.1	циклонная сушилка (ЦС)	А 4.1	ЦН-15	У1	секторный	П1	А 4.1 П1 У1
	1.1.2			СКЦН-34	У2			А 4.1 П1 У2
	1.2.1	труба-сушилка (ТС-1)	А 3.1	ЦН-15	У1	шнековый	П2	А 3.1 П2 У1
	1.2.2			СКЦН-34	У2			А 3.1 П2 У2
Второй	2.1.1	двухступенчатая труба-сушилка (ТС-2)	А 3.1.2	ЦН-15	У1	секторный	П1	А 3.1.2 П1 У1
	2.1.2			СКЦН-34	У2			А 3.1.2 П1 У2
	2.2.1	сушилка с проходящим кипящим слоем (СПКС)	А 1.2	ВЗП	У3	шнековый	П2	А 1.2 П2 У3
	2.2.2			ВЗПК	У4			А 1.2 П3 У4
	2.3.1	комбинированная циклонная сушилка (КЦС)	А 1.2+4.1	ВЗП	У3	двухшнековый	П3	А 1.2+4.1 П3 У3
	2.3.2			ВЗПК	У4			А 1.2+4.1 П3 У4
Третий	3.1.1	сушилка со встречными закрученными потоками (СВЗП)	А 4.3	-	-	струйный	П1	А 4.3 П1 У0
	3.1.2			-	-			А 4.3 П1 У0
	3.2.1	комбинированная аэрофонтанная сушилка (КАС)	А 1.2+2.2	ВЗП	У3	шнековый	П2	А 1.2+2.2 П2 У3
	3.2.2			ВЗПК	У4			А 1.2+2.2 П2 У4
Четвертый	4.1.1	вихревая сушилка (ВС)	А 4.2	ЦН-15	У1	струйный	П1	А 4.2 П1 У1
	4.1.2			ВЗП	У3			А 4.2 П1 У3
	4.2.1	комбинированная безуносная сушилка (СВЗП-ВК)	А 4.2+4.3	-	-	шнековый	П2	А 4.2+4.3 П2 У0
	4.2.2			-	-			А 4.2+4.3 П2 У0
Пятый	5.1.1	сушилка виброкипящего слоя (СВКС)	А 1.3	-	-	секторный	П1	А 1.3 П1 У0
	5.1.2			ВЗПК	У4			А 1.3 П1 У4
Шестой	6.1.1	сушилка кипящего слоя с вибрирующими поверхностями нагрева (КСВПН)	А 1.3 М	-	-	секторный	П1	А 1.3 М П1 У0

Полный код решения поставленной технологической задачи, по-видимому, должен характеризовать не только сушильный аппарат, но и всю сушильную установку, то есть должны быть указания на тип важнейшего комплектующего оборудования – тип питателя влажного мате-

риала и пылеуловителя, тем более что из хода технологической задачи ясно, что высушиваемый материал имеет пылевидную фракцию.

Для получения полного кода надо ввести характеристику комплектующего оборудования рекомендуемой сушильной ус-

тановки. В данном случае это будет П2 У3, что расшифровывается как установка на комбинированную аэрофонтанную сушилку шнекового питателя-загрузчика и введение в состав установки вихревого пылеуловителя со встречными закрученными потоками (ВЗП).

Таким образом, полный код будет иметь вид

$$\frac{М3.2.2. - А(1.2 + 2.2)}{К.П2.У3} \quad (1)$$

Если в задачу вводится дополнительное ограничение, например, сушка в замкнутом цикле, то код претерпит некоторое дополнение в части комплектующего оборудования, а именно:

$$\frac{М3.2.2. - А(1.2 + 2.2)}{К.П2 .У(3+6) ЗЦ} \quad (2)$$

где цифра "6" указывает на применение электрофилтра в качестве второй ступени пылеулавливания, что вызвано требованием недопустимости проскока тончайшей пыли из-за замкнутого цикла по газу.

Поскольку цифры в коде говорят сами за себя, буквенные обозначения могут быть сняты. Тогда код примет вид

$$\frac{3.2.2. - (1.2 + 2.2)}{2; 3+6; ЗЦ} \quad (3)$$

В качестве примера можно рассмотреть выбор рационального типа аппарата и комплектующего оборудования для сушки одного из типовых волокнообразующих полимеров из группы полиолефинов – полиэтилена низкого давления, высушиваемого от бензина.

Полиэтилен низкого давления на ванадиевом катализаторе – белый сыпучий порошок, частицы которого представляют собой агломераты зерен различной формы. В зависимости от количества зерен и плотности их упаковки изменяется размер частиц. От плотности упаковки зависит насыпная плотность материала. Полиэтилен имеет начальное содержание бензина

50...68%; требуемое остаточное содержание 0,2%; эквивалентный диаметр частиц 0,176 мм; насыпная масса 180 г/дм³; угол естественного откоса 35°; температура плавления 120–125°С; требуемая производительность сушилки по сухому продукту 5 т/ч.

На основании комплексного анализа исследуемого материала как объекта сушки [1], [2] полиэтилен низкого давления на ванадиевом катализаторе следует отнести к шестому классу нашей классификационной таблицы. Сушку материалов этой группы наиболее рационально осуществлять в аппаратах кипящего слоя с вибрирующими поверхностями нагрева, погруженными в слой (КСВПН).

Для определения типоразмера аппарата необходимо рассчитать продолжительность сушки частиц полиэтилена. Исходя из известных тепловых характеристик материала и диаметра его частиц время прогрева полиэтилена τ' , найденное по известной номограмме, составляет менее одной секунды. При этом температура сушильного агента исходя из допустимой температуры нагрева полиэтилена принималась равной 140°С.

Для определения содержаний бензина, соответствующих заполнению I–IV групп пор в реальных условиях сушки, изотермы десорбции паров удаляемой жидкости полиэтиленом, полученные экспериментально при 22°С, пересчитаны методом Пасса на изотермы десорбции при 100°С в соответствии с допустимой температурой нагрева исследуемого материала (рис. 1).

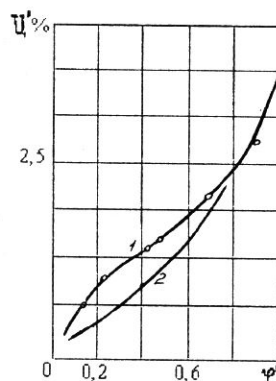


Рис. 1

На рис. 1 представлены изотермы десорбции паров бензина полиэтиленом низ-

кого давления при 22°C (кривая 1) и 100°C (кривая 2).

Содержание бензина, соответствующее заполнению ультрамикропор полиэтилена,

можно определить по изотерме десорбции при 100°C, представленной в координатах уравнения М.М. Дубинина.

Таблица 2

Содержание бензина, %		Расчетное время сушки, с	
Начальное U_H	50...60	—	—
Конечное U_K	0.2	—	—
Максимальное $U_{M.CB}$ по изотермам	3.75	Общее	308
По группам пор	—	—	—
ΔU_1	1.97	τ_1	1
ΔU_2	0.5	τ_2	15
ΔU_3	0.5	τ_3	20
ΔU_4	0.32	τ_4	30
ΔU_5	0.26	τ_5	240

Результаты расчета продолжительности сушки полиэтилена от бензина с использованием известной номограммы представлены в табл. 2 (температура сушильного агента 100°C; U – содержание бензина в материале, %; ΔU_i – содержание, соответствующее заполнению i -й группы пор: ΔU_1 – от 100 до 8 нм; ΔU_2 – 8 до 6 нм; ΔU_3 – от 6 до 4 нм; ΔU_4 – от 4 до 2 нм; ΔU_5 – ультрамикropоры).

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что основная масса удаляемого из полиэтилена бензина заключена в макро- и микропорах диаметром до 4 нм и удалить его можно в аппаратах взвешенного слоя за несколько секунд. Для удаления влаги из пор диаметром менее 4 нм, включая и ультрамикropоры, требуется длительное время. Поэтому для сушки полиэтилена низкого давления целесообразно применять сушилку КСВПН.

Возможно также использование двухступенчатой сушки с аппаратом СВЗП на первой ступени и сушилкой КСВПН на

досушке. В связи с тем, что сушка осуществляется от бензина, сушильная установка должна быть с замкнутым контуром (ЗК), а система улавливания – весьма эффективной, рассчитанной на самую тонкую пыль.

Если бы сушка производилась от воды, в специальной системе улавливания не было бы необходимости, а в данном случае целесообразно установить мокрый скруббер, работающий на бензине (У7), питатель целесообразно принять струйный (П1).

Таким образом, код сушилки будет А 1.3М, шифр системы улавливания У7, шифр питателя П1, а общий код сушильной установки и технологической задачи

$$\frac{M6.1.1-A1.3.M}{K.П1 \quad У7 \quad ЗЦ}, \text{ или } \frac{6.1.1.-1.3.M}{1. \quad 7. \quad ЗЦ}. \quad (4)$$

В случае двухступенчатой сушки код будет

$$\frac{M6.1.1.-A(4.3+1.3.M)}{K.П1 \quad У7 \quad ЗЦ}, \text{ или } \frac{6.1.1.- (4.3+1.3M)}{1.7. \quad ЗЦ}. \quad (5)$$

Учитывая, что в некоторых партиях полиэтилена низкого давления может быть повышенное количество пылевой фракции, в качестве страховки можно перед скруб-

бером поставить пылеуловитель ВЗПК (У4).

Тогда код установки примет вид

$$\frac{M6.1.1. - A(4.3+1.3M)}{K.П1 \quad У(4+7) \quad ЗЦ}, \text{ или } \frac{6.1.1 - (4.3+1.3M)}{1. (4+7) \quad ЗЦ}. \quad (6)$$

Разработаны таблицы и коды основных загрузочных устройств и пылеуловителей для сушильных установок применительно к сушке дисперсных материалов.

ВЫВОДЫ

1. Используя классификацию В.Б. Сажина влажных материалов как объектов сушки, предложен новый подход к выбору эффективных сушильных установок для дисперсных материалов и разработана система кодирования состава сушильных установок для всех классов влажных дисперсных волокнообразующих и текстильно-вспомогательных материалов.

2. Рассмотрена процедура выбора и кодирования оптимальных аппаратурно-технологических решений основных узлов сушильной установки на примере одного из волокнообразующих полиолефинов – полиэтилена низкого давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин В.Б., Сажина М.Б. Сушка в закрученных потоках: теория, расчет, технические решения. – М.: 2001.
2. Сажин В.Б., Сажин В.Б. Научные основы техники сушки. – М.: Наука, 1997.

Рекомендована кафедрой теплотехники РосЗИТЛП. Поступила 26.05.03.