

*Р. Ю. Банин**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ СУШКИ КАПЕЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Под высушиванием понимается процесс удаления влаги из твердых или жидких материалов.

Аппарат, в котором происходит процесс сушки, называется сушилкой, или сушильным аппаратом, а совокупность сушильного аппарата со всеми приданными ему вспомогательными аппаратами – сушильной установкой. В зависимости от агрегатного состояния высушиваемых веществ различают сушильные аппараты для твердых веществ и для жидкостей. По способу высушивания сушилки делятся на контактные и воздушные. В первом случае высушиваемое вещество располагается непосредственно на обогреваемой поверхности, во втором – высушивание производится током газа – теплоносителя, которым чаще всего является воздух. В наших исследованиях использовалась сушильная установка для жидкостей, воздушная.

Капельная жидкость – вода, нефть, керосин и другие мало-сжимаемые жидкости, обладающие определенным объемом, величина которого практически не изменяется под воздействием внешних сил. Капельные жидкости не всегда заполняют предоставленный им объем, обычно они образуют ограниченную поверхность. Плотность у капельных жидкостей постоянна.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А. Ю. Пахомова.

Капельная жидкость занимает промежуточное положение между газом и твердым телом. Капельные жидкости характеризуется большим сопротивлением сжатию и малым сопротивлением растягивающему усилию. Такие вещества как вода, бензин, ртуть при комнатной температуре являются капельными жидкостями.

Способность воздуха выполнить задачи сушки определяется следующими параметрами: абсолютной и относительной влажностью, влагосодержанием и теплосодержанием влажного воздуха.

Процесс сушки, как и массообменные процессы, выражается уравнением массопередачи, объединяющим молекулярную и конвективную диффузии:

$$W = KF(P_M - P_n),$$

где W – количество испарившейся влаги; K – коэффициент массопередачи; F – поверхность раздела фаз; P_M – давление паров влаги у поверхности материала; P_n – парциальное давление паров в воздухе.

Движущая сила процесса сушки определяется разностью давления паров влаги у поверхности вещества P_M и парциального давления паров в воздухе P_n , т.е. $(P_M - P_n)$. Чем больше эта разница, тем интенсивнее идет процесс испарения влаги. При $(P_M - P_n) = 0$ наступает равновесие в процессе обмена влагой между веществом и средой. Этому состоянию соответствует равновесная влажность, при которой процесс сушки прекращается.

Скорость сушки U , г/м²с, определяется количеством влаги W , испаряемой с единицы поверхности F высушиваемого вещества за единицу времени:

$$U = W/F.$$

Удаление влаги происходит за счет испарения ее с поверхности (внешняя диффузия).

Для выявления возможного механизма процесса сушки капельных жидкостей и определения кинетики выпаривания использована лабораторная установка собственной разработки, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

С помощью макро-видеосъемки 1 наблюдали действительные преобразования капель жидкости под действием теплого потока воздуха. Установку выводили на заданный режим работы: калорифер 2 включали в сеть переменного электрического тока, нагретый им воздух с помощью вентилятора 3 подавался в стеклянную термостойкую камеру 4 . Включали секундомер для замера времени испарения капли соответствующей среды. Далее по (вмонтированной в верхней части камеры) капельнице 5 поочередно подавали жидкости с различными физико-химическими свойствами. В зависимости от рода исследуемой среды, ее плотности, вязкости время сушки капель было различным.

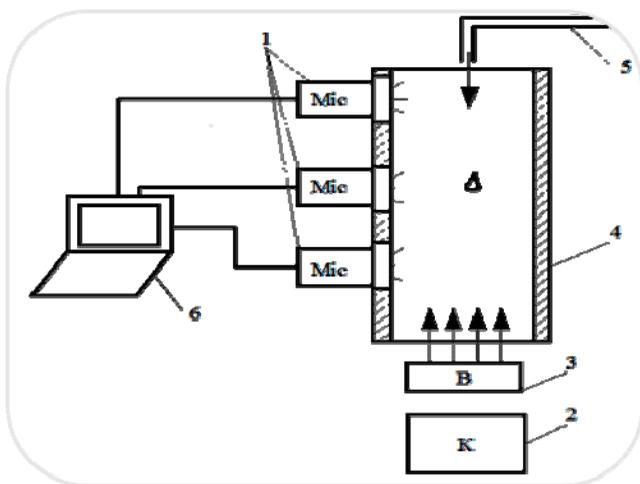


Рис. 1. Принципиальная схема установки

С помощью установленных вдоль вертикально расположенной стеклянной камеры микроскопов, соединенных с ЭВМ наблюдали изменения, происходящие в структуре капель на микроуровне.

Логично предположить, что чем выше скорость работы вентилятора, тем быстрее будет происходить процесс сушки капель исследуемых сред.

После вывода установки на оптимальный режим производили необходимые контрольные замеры показателей оборудования.

Период прогрева вещества является кратковременным и характеризуется неустановившимся состоянием процесса. Скорость сушки возрастает и к концу периода прогрева достигает максимальной величины. Далее устанавливается период постоянной скорости сушки (период внешней диффузии). В этот начальный период сушки внутренняя диффузия настолько интенсивна, что обеспечивает поступление к поверхности более чем достаточного количества влаги. Поэтому при неизменном состоянии окружающего воздуха и постоянной температуре сушки количество паров, удаляемых с постоянной поверхности испарения, в этом случае будет одним и тем же. В процессе сушки всегда присутствует начальная точка периода падающей скорости сушки, иначе говоря, критическая точка процесса сушки. В этот период скорость сушки полностью зависит от скорости диффузии влаги изнутри. Вначале скорость внутренней диффузии падает более или менее равномерно, поэтому и скорость сушки в данный отрезок времени снижается равномерно (равномерно падающая скорость сушки).

Далее процесс характеризуется неравномерно падающей скоростью сушки, которая, как отмечалось, выше, соответствует процессу углубления поверхности испарения, когда влага начинает испаряться уже в ядрах капель.

Конец сушки представляет собой равновесное влагосодержание.

Продолжительность процесса сушки, а, следовательно, и производительность ее зависят от скорости сушки. Скорость сушки является равнодействующей многих факторов. Главными из них являются:

1) природные особенности высушиваемого вещества – его структура, характер связи с водой, химический состав и т.д.;

2) количество влаги, подлежащее удалению;

3) влажность и температура воздуха; чем выше температура воздуха и ниже его относительная влажность, тем быстрее протекает сушка;

4) скорость движения теплоносителя (интенсивность работы вентилятора). Чем с большей скоростью проходит теплый воздух в сушилках, тем интенсивнее теплообмен между ним и высушиваемым веществом.

Совершенствование техники сушки в химических производствах обусловлено ужесточением требований к охране окружающей среды, необходимостью экономии энергоресурсов и улучшения обслуживания сушильных установок. Реализуются следующие направления:

1) применение технологий, при которых на сушку поступают наиболее подготовленные к ней материалы (тонкодисперсные, с широкими порами);

2) разработка типовых сушилок, пригодных для сушки больших групп материалов;

3) создание оптимальной гидродинамики в сушильных аппаратах;

4) рациональное совмещение подготовительных стадий механического обезвоживания, выпаривания (для сгущения жидкой фазы), предварительного перегрева растворов (при распылительном высушивании) и собственно сушки.

Список литературы

1. *Плановский, А. Н.* Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – Москва : Химия, 1972. – С. 405 – 436.

Кафедра «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»