

# ЛАБОРАТОРНАЯ СУШКА

Сушка или прокалка различных образцов - это испарение воды или другой жидкости с поверхности, а также жидкости, содержащейся внутри материалов. Сушить можно и на разогретой плите. Удобно, но не всегда применимо из-за возрастающих требований к равномерности сушки и точности поддержания температуры. Простая, казалось бы, операция, такая как сушка лабораторных образцов, усложняется требованиями к получению строго определенных результатов, а это, в свою очередь, неизбежно приводит к необходимости правильного выбора сушильного оборудования в соответствии с поставленной задачей.

## СУШИЛЬНАЯ ПЛИТА

Самый простой способ сушки - это поставить сырые изделия на плоскую греющую поверхность сушильной плиты, где для нагрева используется открытая поверхность, изготовленная из нержавеющей стали. Сушильные плиты применяются в тех случаях, когда проб очень много, масса отдельной пробы небольшая, их необходимо часто менять, да еще при этом вести визуальное наблюдение за процессом сушки или прокалики.



Рис.1. Плита сушильная

Плиты имеют разные конструкции. Греющая поверхность может быть плоской или в виде двух заглубленных секций, позволяющих производить нагрев в «песчаных банях». Сушильные плиты оснащаются регулятором температуры, обеспечивающим поддержание заданной температуры поверхности. В то же время открытая греющая поверхность, загрузка на горячую поверхность холодных тиглей, влияние воздушных потоков окружающей среды и другие, постоянно вносимые возмущения приводят к тому, что точность задания температуры греющей поверхности будет невысокой.

Сушильная плита устанавливается обычно в вытяжном шкафу, а силовое и регулирующее оборудование плиты находится в отдельном блоке управления.

Как бы не была удобна сушильная плита, но все же у нее греет только одна плоская поверхность. Нагрев колбы или тигля ведется через плоское дно, отсюда неизбежно получается неравномерный нагрев. Если при сушке необходима равномерная температура по всему объему нагреваемой массы, тогда применяют сушильный шкаф. В рабочих камерах сушильных шкафов прогревается весь объем загруженной сырой массы. Сушка или прокалка получается более равномерной.

## ПРОСТОЙ СУШИЛЬНЫЙ ШКАФ

Сушильный шкаф обычно имеет рабочую камеру, которая плотно закрывается дверью с резиновым уплотнением. В простейших случаях камера изготавливается из нержавеющей стали. Для сушки нужна равномерная температура по всему объему рабочей камеры. Однако температура у стенок с нагревателями всегда выше, чем в середине рабочей камеры, куда тепло передается по воздуху, который является



Рис.2. Шкаф сушильный с естественной вентиляцией

очень плохим проводником тепла. Поэтому, полки, изготовленные из листовой нержавеющей стали, служат не только для размещения образцов. Они предназначены также для выравнивания температуры по объему рабочей камеры за счет теплопередачи от нагретых стенок. В полках имеется множество отверстий, через которые происходят циркуляция воздуха и

перенос тепла по всему рабочему пространству. Все эти «ухищрения» немного уменьшают неравномерность температуры по рабочей камере. Сушильный шкаф получается простым в пользовании. Он оснащается недорогим регулятором температуры с задатчиком в виде лимба со шкалой, имеет естественную вентиляцию рабочей камеры.

От такого сушильного шкафа нельзя требовать высокой точности и равномерности температуры. Он должен быть надежным, недорогим и применяться только там, где его невысокие технические возможности достаточны для данного технологического процесса.

## СУШИЛЬНЫЙ ШКАФ С ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ВОЗДУХА



Рис.3. Шкаф сушильный с принудительной циркуляцией

Для выравнивания температуры в рабочей камере сушильного шкафа необходимо интенсивно перемешивать находящийся там воздух. Простые сушильные шкафы без принудительного перемешивания воздуха изготавливаются только небольших размеров и имеют ограниченное применение. Для интенсивного перемешивания воздуха в сушильном шкафу устанавливается центробежный вентилятор, обеспечивающий принудительную циркуляцию воздушного потока в рабочем пространстве, что позволяет выравнивать температуру по всему объему рабочей камеры. Нагревательная камера должна иметь конструкцию, которая обеспечивает полное перемешивание воздуха по всему рабочему объему. Сушильные шкафы могут изготавливаться с рабочей температурой до 500 градусов. Это позволяет производить сушку и прокалику различных веществ с выделением химически связанной влаги.

Сушильные шкафы с циркуляцией воздуха оснащаются термодатчиками с цифровой индикацией, отличаются высокой точностью поддержания и хорошим выравниванием температуры по объему рабочей камеры. В таких шкафах можно обеспечить нагрев с заданной скоростью, требуемые выдержки на определенных температурах и ведение программного разогрева по заданной траектории. Рабочая камера изготавливается обычно из нержавеющей стали, плотно закрывается дверью с резиновым уплотнением. На двери рабочей камеры может устанавливаться смотровое окно. Несмотря на внешнюю простоту, расчет газодинамики воздушных потоков сушильных шкафов очень сложен. Правильно спроектировать и изготовить сушильный шкаф могут только специалисты, имеющие подобный опыт. Сушильные шкафы, изготавливаемые серийно, имеют различные конструкции и размеры. Требуется только понимание технических возможностей сушильного оборудования и умение выбирать из всей предлагаемой номенклатуры.



Рис.4. Шкаф сушильный с принудительной циркуляцией

## ВАКУУМНЫЙ СУШИЛЬНЫЙ ШКАФ

Вакуумный сушильный шкаф предназначен для нагрева и сушки различных материалов в вакууме при наличии газовыделений, но допускается работа и при атмосферном давлении. Он незаменим, когда требуется удаление газов из вязких жидкостей или компаундов.



Рис.5. Шкаф сушильный вакуумный со смотровым окном

Нагрев одновременно с вакуумированием позволяет получить однородную жидкую массу без пузырьков. Таким однородным компаундом можно заливать, например, различные обмотки для последующей полимеризации с целью получения высококачественной монолитной структуры.

Вакуумный сушильный шкаф имеет прочный герметичный муфель из нержавеющей стали. Муфель должен выдерживать давление наружного атмосферного воздуха после вакуу-

мирования рабочей камеры. На наружной поверхности муфеля намотан гибкий нагревательный элемент.

Передний проем муфеля закрывается дверью, шарнирно закрепленной на каркасе шкафа. На внутренней стороне двери (по периметру) закреплено уплотнение из термостойкой силиконовой резины. Два откидных болта поджимают дверь к переднему торцу муфеля, обеспечивая тем самым герметизацию муфеля. На двери рабочей камеры может устанавливаться смотровое окно с подсветкой рабочего пространства сушильного шкафа.

Вакуумная система состоит из вакуумного насоса, коммутационных вентилях и соединительных трубопроводов. Для измерения остаточного давления в муфеле применяется стрелочный вакуумметр. Вакуумные сушильные шкафы оснащаются термодатчиками с цифровой индикацией. Они обеспечивают высокую точность поддержания температуры в рабочей камере.

**Требования к процессу сушки, прокалики бывают очень разными, поэтому неизбежно появляется сушильное оборудование разных конструкций: от простых сушильных плит до сложных вакуумных сушильных шкафов. Если этого набора недостаточно, тогда необходимо проектировать новое сушильное оборудование, которое позволит решить очередную технологическую проблему.**