

СОЗДАНИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СУШИЛЬНЫХ И СУШИЛЬНО-ПРОКАЛОЧНЫХ УСТАНОВОК – РЕАЛЬНОЕ СРЕДСТВО ЭКОНОМИИ ЭНЕРГОЗАТРАТ И СОКРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ

В докладе представлены примеры создания промышленных сушильных и сушильно-прокалочных установок с рециркуляцией отработанного теплоносителя, обеспечивающей экономию энергозатрат и сокращение газовых выбросов в атмосферу.

The paper presents the examples of development of commercial drying-calcination plants with waste heat-carrier recycle that save power consumption and reduce gas emissions in the atmosphere.

Проблемы экономии энергии и улучшения экологических характеристик традиционных конвективных сушильных и сушильно-прокалочных установок приобретают всё большую актуальность в связи с ростом цен на углеводородное топливо, электроэнергию и повышением природоохранных требований. Рециркуляция отработанного газового теплоносителя в установках термического обезвоживания, а также в прокалочных процессах, хотя и частично, способствует решению этих проблем. Использование рециркуляции в подобных процессах не является новым техническим приёмом, однако по ряду причин применение его на практике недостаточно. Действительно, в ряде случаев использование термического потенциала ограничено, если, например, отработанный теплоноситель на выходе из установки содержит пылевидные частицы, не допускающие из-за термочувствительности или взрывоопасности их повторного контакта с исходным теплоносителем, или, если эти частицы способны забивать конструктивные элементы теплообменников и сушилок. Возрастающее влагосодержание теплоносителя в сушилке делает необходимым для обеспечения требуемой конечной влажности продукта, увеличения температуры теплоносителя на выходе из

сушилки, что не всегда допустимо. Тем не менее, существует множество технологических процессов, где рециркуляция реализуется достаточно легко. Для ряда проблемных случаев удаётся найти инженерные решения, позволяющие избежать негативное влияние рециркулянта на надёжность эксплуатации промышленных сушильных установок. В докладе представлены примеры комплектных сушильных и сушильно-прокалочных установок с рециркуляцией теплоносителя, которые нами выполнены в последние годы для различных отраслей промышленности. Ознакомление с этими разработками и является целью данного доклада. В сообщении приведены схемы комплектных установок параметры их работы с учётом рециркуляции отработанного теплоносителя.

В качестве первого примера в докладе представлена новая конструкция полочной сушилки с полунепрерывным (циклическим) режимом работы для сушки акварельных красок в кюветах. Низкотемпературный режим сушки, предварительно отработанный экспериментально, обеспечивает требуемое качество продукта, хороший товарный вид. Не останавливаясь на конструктивных особенностях этой сушилки, обеспечивающих равномерность сушки на всех поддонах и

полунепрерывный режим работы, отметим, что в данной установке рециркуляция реализуется весьма эффективно. Этому способствуют: физическое состояние продукта, при котором обезвоживание происходит в слое; низкая температура теплоносителя; сушильный агент – воздух. При этих условиях поток рециркулянта составляет до 90% от всего количества теплоносителя, поступающего в сушильную камеру. Очевидны энергетические достоинства подобной организации процесса, особенно по сравнению с проточным вариантом движения теплоносителя, что будет показано далее.

Аналогичен эффект рециркуляции теплоносителя применительно к ленточным сушилкам, т.к. в подавляющем перечне технологий объектами сушки являются достаточно крупные частицы и изделия, характеризующиеся термолабильностью, невысокой влажностью. В подобных случаях начальная температура теплоносителя незначительна. В докладе показана разновидность ленточной сушилки, на которой обрабатываются кормовые продукты для домашних животных или, например, таблетки «Рондо», или гранулы силикагеля. По режимным условиям сушки в этих установках кратность рециркуляции близка к первому примеру: количество рециркулянта по отношению ко всему количеству теплоносителя составляет $\approx 83\%$. Проведя определённую модернизацию сушилки на базе лабораторных экспериментов по интенсификации сушки, удалось за счёт организации струйно-фильтрационного гидродинамического режима исключить потерю жира в упомянутых кормах и одновременно сократить конечную влажность продукта до регламентной величины.

В распылительных сушилках проблема рециркуляции требует избирательного подхода, т.к. в отработанном теплоносителе присутствуют тонкодисперсные частицы, сушка часто осуществляется дымовыми газами при повышенных температурах и влагосодержании теплоносителя, а продукт зачастую не допускает повторного попадания в зону высоких температур. Тем не менее, в ряде случаев возможно и здесь применить рециркуляцию части отработанного теплоносителя. С нашей точки зрения, в общем случае необходимы следующие условия для успешной реализа-

ции рециркуляции в промышленной распылительной сушильной установке: рециркулянт должен пройти фильтрационную пылеочистку; частицы, взвешенные в рециркулянте могут повторно подвергаться термическому воздействию, в частности, материалы минеральной природы, рециркулянт подается в камеру смешения за теплогенератором перед сушильной камерой. Представленный в докладе вариант подобной установки создан для технологии обезвреживания химического оружия. Здесь соотношение потоков рециркулянта к общему расходу теплоносителя составляет 0,5. Данная относительно невысокая кратность рециркуляции обусловлена применением дымовых газов с высокой начальной температурой 600 °С, что влечёт за собой повышенное влагосодержание теплоносителя за сушилкой и, соответственно, рост конечной температуры, что лимитировано предельно допустимым значением. Рециркуляция в рассматриваемом примере не приводит к значительной экономии энергии; здесь превалирует экологическая составляющая..

Аналогичным образом решаются задачи при использовании аппаратов с взвешенным слоем: трубы-сушилки, аэрофонтанные, вихревые, с кипящим слоем и др. В случае применения перфорированных решёток, склонных к забиванию пылью, необходимо предусмотреть специальные конструкторские решения для преодоления этой проблемы. Подобные решения существуют.

Самостоятельным направлением конструкторско-технологических разработок, где успешно используется рециркуляция отработанного теплоносителя, является создание сушильно-прокалочных комплексов. В этом случае отходящие газы прокалочных печей имеют, как правило, высокую температуру, низкое влагосодержание, что позволяет утилизировать это тепло, смешивая данный поток с теплоносителем, поступающим на сушку. Этот вариант особенно надёжен, когда прокалочная печь работает в кондуктивном режиме теплопередачи. Тогда отходящий от печей теплоноситель свободен от пыли. Подобная установка создана для производства цеолита, где на первом этапе в распылительной сушилке происходит обезвоживание суспензии, а затем сухие микрогранулы подвергаются прокалке в кондуктивной барабанной прокалочной печи. Прокалка

Таблица.

Наименование объекта, производительность, кг\ч: по испаренной влаге\по готовому продукту	Экономия тепловой энергии, %	Экономия электроэнергии, %	Сокращение газовых выбросов, %
Камерная сушильная установка для акварельных красок 9\50	83,0	17,5	90,0
Ленточная сушильная установка 43\1800	45,0	14,0	83,0
Распылительная сушильная установка 450\145	36,0	19,0	50,0
Сушильно-прокалочная установка в производстве цеолита 500\100	18,0	3,0	15,0

в подобном аппарате определяется как высокой дисперсностью продукта, так и особенностями технологии прокалочного процесса, обеспечивающего высокое качество товарного цеолита. При переработке алюмосиликатного катализатора в качестве прокалочного аппарата использована вертикальная трубчатая печь оригинальной конструкции, в которой использовано такое благоприятное свойство сухого катализатора, как высокая «текучесть» частиц. Это позволило даже при весьма значительной высоте трубных участков вести прокалку в активном гидродинамическом режиме, используя инертную среду, а температурный режим прокаливания обеспечить высокотемпературными дымовыми газами, омывающими снаружи трубные пучки. В этом случае также отработанный теплоноситель с температурой порядка 700 °С подмешивался к исходному потоку теплоносителя распылительной сушилки, что обеспечило определённую экономию тепловой энергии и сократило общие выбросы газов в атмосферу.

Однако и в случае применения конвективной футерованной прокалочной печи утилизация отходящего тепла прокаливания возможна, если содержание пыли в рециркуляте будет учтено специальной конструкцией камеры смешения рециркулята с потоком исходного теплоносителя сушильной установки.

Рассмотренные выше примеры созданных промышленных сушильных сушильно-прокалочных установок систематизированы с позиций экономии энергозатрат и сокращения массового потока отработанных газов, выбрасываемых в атмосферу, в нижеследующей таблице.

Из приведённых примеров видно, что такой весьма доступный приём в технике сушки и совмещённых сушильно-прокалочных установок, как рециркуляция отработанного теплоносителя, позволяет получить весьма заметные энергетические и экологические эффекты при создании промышленных установок. Развитие данного направления, наряду с другими методами сокращения энергозатрат, будет способствовать применению и совершенствованию сушильной техники.