

при проектировании систем вентиляции следует максимально ограничить повороты и изгибы воздуховодов, особенно под острым углом, спуски и подъёмы, периодически производить их очистку.

Аспирационные системы вентиляции являются одним из действенных средств защиты воздушной среды производственных помещений и окружающей атмосферы. Правильно запроектированные и грамотно эксплуатируемые пылеулавливающие системы способствуют снижению профессиональных заболеваний, повышению производительности труда, улучшению качества продукции, а также позволяют обеспечить пожаро- и взрывобезопасность, увеличить срок службы технологического оборудования.

При фрезеровании затяжной кромки верха обуви образуется, кроме стружки, лёгкая, долго витающая пыль, причём пылевые частицы, витающие в воздухе, имеют размеры от 0,5 до 2,0 мкм, содержание которой в рабочей зоне может достигать 20-30 мг/м<sup>3</sup>. Наиболее важными характеристиками пыли являются дисперсность и пожаровзрывоопасность, а для разработки оптимальной конструкции аспирационных устройств – плотность и дисперсность.

Важным свойством кожевенной пыли является её сильно развитая поверхность, которая и определяет адсорбционную способность пыли, склонность к электризации и в значительной степени её химическую активность. Наиболее взрывоопасными являются фракции кожевенной пыли до 250 мкм. При взъерошивании верха обуви образуется до 30 % такой пыли. Способность накапливать пары растворителя, адсорбированный на пылевых частицах кислород облегчает процессы окисления и восстановления пылевоздушных аэрозолей, что значительно повышает пожаро- и взрывоопасность пылевидных отходов. В производственных условиях значительную опасность представляет не только взвешенная, но и осевшая пыль. При возникновении даже в самой небольшой локальной вспышке осевшая пыль быстро переходит во взвешенное состояние, что приводит к образованию вторичного, более сильного пылевого взрыва. Взрывная ударная волна, опережая фронт пламени, приводит во взвешенное состояние по пути своего движения всё большее и большее количество пыли, вызывая этим быстрое распространение пламени.

Для улавливания и удаления пыли при взъерошивании верха обуви, которая ранее оседала и за счёт компонентов «пуры», налипала на оборудование, внутреннюю часть воздуховодов, была разработана система пневмотранспорта с пылеприёмником местного отсоса пыли. Принцип действия системы состоит в том, что при взъерошивании кромки заготовки верха обуви при помощи фрезы, пыль попадает в зону разреженного воздуха и всасывается в отверстие пылеприёмника. Фреза приводится в движение пневмотурбиной от компрессорного воздуха. Пылеприёмник состоит из двух частей, одна из которых вращается относительно другой, что облегчает процесс взъерошивания при сложном её профиле. Нижняя часть пылеприёмника выполнена в виде «улитки» с внутренней стороны которой установлена изогнутая пластинка, позволяющая направить пыль в патрубок пылеприёмника. Пылеприёмник данного типа можно использовать в деревообрабатывающей, машиностроительной и других отраслях промышленности. Патрубок пылеприёмника с полихлорвиниловой трубкой диаметром 20 мм соединяется со всасывающим рукавом промышленного пылеуловителя НПП-2.

На основе теоретических и экспериментальных исследований удалось обеспечить эффективность пневмотранспортной системы до 98 %.

При изучении взрыво- и пожаробезопасности аспирационной системы экспериментальные исследования показали, что движение пыли в полихлорвиниловой трубке осуществляется в малом ограниченном объёме воздушной среды и носит периодический характер и воспламенение пыли в этом случае невозможно.

Таким образом в настоящей статье выявлены основные токсичные химические вещества в швейном и обувном производстве, их действие на работающих и предложены меры защиты от них.

УДК 665.64.097.3+67.08

## ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННОГО КАТАЛИЗАТОРА КРЕКИНГА С ПОЛУЧЕНИЕМ СОРБЕНТА И КОНЦЕНТРАТА ЛАНТАНА

*Козловская И.Ю., асс., Марцуль В.Н., зав. каф.,*

*УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Использование вторичного сырья для получения продуктов различного назначения является целесообразным, как с позиции охраны окружающей среды, так и, учитывая ограниченность сырьевой базы Республики Беларусь, при решении задач импортозамещения.

Технико-экономические и экологические показатели любой технологии переработки в значительной степени зависят от условий проведения ее основных стадий. Основными стадиями переработки отработанного катализатора крекинга являются: кислотное выщелачивание лантана, разделение раствора выщелачивания на твердый остаток и жидкую фазу, обработка твердого остатка, с получением сорбента, выделение концентрата лантана из раствора выщелачивания.

Параметры кислотного выщелачивания влияют, помимо выхода лантана, на расход реагентов, затраты электроэнергии. На эффективность выделения и характеристики продуктов существенное влияние оказывают состав раствора выщелачивания и условия осаждения (концентрация, температура, природа осадителя).

Азотная кислота, в сравнении с серной, является более эффективным выщелачивающим агентом лантана, алюминий азотной кислотой извлекается в меньшей степени. При разделении кислотных экстрактов осаждением можно получить осадки с более высоким содержанием лантана и меньшим алюминия. Жидкая

фаза после отделения осадка при определенных условиях может использоваться в качестве удобрения. Выделение соединений лантана из кислотных растворов может быть проведено отгонкой азотной кислоты с возвратом ее в технологический процесс. Соединения лантана высокой степени чистоты могут быть выделены из азотнокислых растворов методом экстракции по известной технологии. Поэтому основное внимание при дальнейшем рассмотрении уделено выщелачиванию лантана из отработанного катализатора азотной кислотой.

Существенное влияние на характеристики процесса кислотного выщелачивания оказывает соотношение между отработанным катализатором крекинга и раствором азотной кислоты. При его увеличении улучшается тепло- и массообмен в системе, достигается более полное разделение твердого остатка и экстракта, снижается количество лантана, уносимого с твердым остатком (с 19,5 до 9,4%). Вместе с этим, увеличивается объемный расход реагентов, повышается расход энергии на их разогрев и перемешивание. Небольшой избыток раствора азотной кислоты приводит к дополнительному расходу воды на промывку твердого остатка. Соотношения отработанного катализатора крекинга и раствора азотной кислоты концентрацией 32% при выщелачивания лантана составляет 1 : 2. При данном соотношении компонентов в смеси обеспечиваются полное смачивания ОКК, необходимое перемешивание, тепло- и массообмен.

Значимым фактором, который оказывает влияние на кислотное выщелачивание лантана из ОКК, является температура. При исследовании процесса выщелачивания установлено, что реакция взаимодействия ОКК с раствором азотной кислоты сопровождается выделением тепла. Изучение влияния соотношения Т:Ж на значение теплового эффекта взаимодействия отработанного катализатора с азотной кислотой показало, что максимальное выделение тепла происходит при значении 1 : 2. Это подтверждает обоснованность выбранного ранее соотношения между твердой и жидкой фазами при проведении кислотного выщелачивания. Увеличение температуры реакционной смеси при гидромодуле от 1 : 1 до 1 : 10 для 1 т ОКК может составлять от 31 до 51 °С (начальная температура 20±1 °С).

В исследовании установлено, что при взаимодействии отработанного катализатора с азотной кислотой изменение температуры реакционной смеси наблюдается в течение 30–40 минут. Момент окончания выделения тепла является косвенным показателем завершения лимитирующей стадии взаимодействия ОКК с азотной кислотой. Этот процесс включает диффузию реагента в порах отработанного катализатора, химическую реакцию, обратную диффузию продуктов реакции в раствор. Для максимального перехода из твердой фазы в раствор образовавшихся соединений алюминия и лантана необходимо, как отмечено ранее, 3 часа. Это свидетельствует о существенном влиянии на взаимодействие ОКК с кислотой диффузионных процессов, что связано с особенностями пористой структуры отработанного катализатора.

При выборе режима перемешивания учитывали скорость седиментации частиц катализатора. Это необходимо для создания нормальных условий тепло- и массообмена в реакционной смеси.

После кислотного выщелачивания необходимо разделение полученной пульпы на раствор выщелачивания и твердый остаток. Разделение пульпы центрифугированием ОКК было проведено по двум вариантам: отделение экстракта и последующая промывка; предварительное разбавление жидкой фазы перед разделением (степень разбавления выбирается в зависимости от требований к конечным продуктам). Кек после отделения кислотного раствора, в зависимости от дисперсного состава, имеет влажность 33–38%, содержание лантана в нем – 12,9–14,8% от перешедшего в раствор. Однократная промывка твердого остатка при соотношении Т : Ж 1 : 1 позволяет снизить потери лантана до 2,5–3,1%. Промывная вода содержит азотную кислоту концентрацией до 11 %.

Исследование состава фаз и структурно-адсорбционных свойства твердой фазы, образующейся после выщелачивания соединений лантана из отработанного катализатора крекинга, показало, что кислотная обработка не приводит к изменению структуры цеолита в нем, величина удельной поверхности и удельный объем пор увеличивается более чем на 35%. Полученный продукт является эффективным сорбентом ионов металлов и аммония. Его сорбционная емкость по ионам железа, меди и цинка составляет соответственно 1,7 мг-экв/г, по ионам аммония – 2,75 мг-экв/г. Характеристики различных марок сорбента, полученного из отработанного катализатора, в соответствии с разработанными техническими условиями «Сорбент для очистки воды» ТУ ВУ 100354659.102-2013 представлена в таблице.

Таблица – Характеристика сорбента из отработанного катализатора крекинга

Наименование показателя	Норма для сорбента марки		
	АКВ-1	АКВ-2	АКВ-3
Содержание фракции более 200 мкм, не более %	10		
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,65–0,95		
Полная статическая обменная емкость (по ионам Fe <sup>3+</sup> ), мг-экв/г, не менее	0,5	1,0	1,5
Удельный объем пор, см <sup>3</sup> /г	0,70–0,8		
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	100–110		
pH водного экстракта	5,5 – 6,5		
Внешний вид	Порошок светло-серого цвета		

При получении опытной партии соединений лантана исследованы следующие варианты разделения растворов выщелачивания отработанного катализатора: нейтрализация раствором аммиака (полное и дробное осаждение); отгонка азотной кислоты с возвратом ее на стадию выщелачивания лантана. Изучено

влияние на условия разделения и состав получаемых продуктов температуры и концентрации растворов. Установлено, что при использовании аммиачной воды повышение температуры от  $20\pm 1^\circ\text{C}$  до  $80\pm 1^\circ\text{C}$  увеличивает скорость осаждения 4,3 раза, поэтому охлаждение кислотного раствора после выщелачивания не требуется.

Разбавление раствора выщелачивания является нежелательным из-за образования разбавленных растворов нейтрализации, на основе которых может быть получен продукт, соответствующий карбамидно-аммиачной смеси, разбавленной в полтора раза.

На процессы отделения осадка существенное влияние оказывает соотношение между твердой и жидкой фазой. В процессе нейтрализации аммиачной водой при соотношении ОКК и раствора азотной кислоты 1 : 2 образуются осадки, объем которых составляет до 80% объема экстракта. С увеличением указанного соотношения (не менее 1 : 6) пропорционально его значению уменьшается объем осадка, что способствует более полному разделению жидкой и твердой фаз.

При реализации схемы, где выделение лантана проводится нейтрализацией раствором аммиака, ввод воды осуществляется только для промывки осадка и кека. Потери воды происходят на стадиях термической обработки осадка и твердого остатка. До 60% воды, от вводимой на промывку, возвращается на разбавление азотной кислоты, 20% подается к нитрату аммония, что приводит к его разбавлению до 22%. Свежая вода на разбавление азотной кислоты подается однократно при запуске технологии.

Выделение лантаносодержащих продуктов из растворов выщелачивания отработанного катализатора крекинга отгонкой азотной кислоты позволяет использовать ее в замкнутом цикле. Отгонка азотной кислоты из раствора выщелачивания, промывных вод, а также из раствора азотной кислоты, полученного при улавливании оксидов азота, позволяет вернуть в процесс до 88,5% (по массе) азотной кислоты. Расход кислоты при этом составляет 88,3 кг/т ОКК, что обеспечивает восполнение потерь с твердым остатком и с выбросами оксидов азота в результате разложения гидратированных нитратов алюминия и лантана.

Изучение состава и свойств лантаносодержащих продуктов, полученных при переработке отработанного катализатора крекинга, показал следующие результаты: нейтрализация аммиачной водой до pH 8,2 позволяет получить осадки с содержанием лантана (в пересчете на оксид) до 11,6%; при дробном осаждении в диапазоне pH 6,8–8,2 концентрация лантана в продуктах достигает 51,7% для азотнокислых растворов; в продукте, полученном после отгонки азотной кислоты, содержание лантана достигает 20%. В качестве полупродукта при отгонке азотной кислоты получен азотнокислый раствор лантана – по составу и физическим свойствам соответствует требованиям ТУ СТ ТОО 38960949-002-2006 «Азотнокислый раствор редкоземельных элементов» и может быть использован при получении цеолитосодержащих катализаторов для замены азотнокислого раствора редкоземельных элементов марки Б.

На основании проведенного исследования разработан опытно-промышленный технологический регламент переработки отработанного катализатора крекинга, который может быть использован для проектирования установки по производству концентрата лантана и сорбента, использование которых будет способствовать решению задач импортозамещения и охраны окружающей среды.

УДК 697.922.2

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА РАЗМЕЩЕНИЯ ПРИТОЧНЫХ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ И ВЫТЯЖНЫХ ВОЗДУХОВОДОВ ОБЩЕОБМЕННОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

*Королёва Т.И., к.т.н., доц., Широкова О.Н., асс.,  
УО «Полоцкий государственный университет»,  
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

В последние годы в связи с возрастающей ролью высокотехнологичных процессов и производств все большее внимание уделяется микроклимату помещений. Скорость воздушных потоков и их направленность, температура среды и ее градиенты, влажность, концентрации вредных веществ – факторы, которые могут существенно повлиять на качество продукции.

Система вентиляции должна обеспечивать требуемые климатические и санитарно-гигиенические условия, прежде всего в рабочей зоне. Следовательно, сюда необходимо направлять приточный воздух. Широко практикуемая струйная раздача приточного воздуха не обеспечивает равномерности вентиляции рабочей зоны. В этом случае образуются как активно и излишне проветриваемые, так и застойные зоны, что не соответствует повышению качества воздушной среды и полноте использования полезных свойств приточного воздуха [1].

На практике же чаще всего принимают подачу чистого воздуха в верхнюю зону, где он перегревается и насыщается газопылевыми вредностями и оттуда переносит их затем в рабочую зону. Приток в верхнюю зону оправдан удобством прокладки воздухопроводов и размещением технологического оборудования.

Места расположения и конструкции приточных воздухопроводов и воздухораспределителей выбираются в соответствии с технологией производства и компоновкой ее оборудования. Но при любом изменении технологии приходится перестраивать системы транспортирования и раздачи воздуха. Фактически пока не имеется вентиляционных решений, обеспечивающих эффективное проветривание рабочей зоны в условиях предприятий с часто изменяющейся технологией. А ведь гибкая технология будет основой отечественных промышленных предприятий.

Приточный воздух должен поступать непосредственно в рабочую зону и равномерно вентилировать весь ее объем независимо от технологии производства. Только в этом случае возможна любая перекомпоновка