

Подбор и испытания фильтрующих материалов отечественного производства для применения на установках аминовой очистки Оренбургского ГПЗ

DOI 10.24411/2076-6785-2019-10017

О.А. Калименова
к.т.н., заведующий отделом
OKalimeneva@vunipigaz.ru

Г.В. Кириллова
старший научный сотрудник
GKirillova@vunipigaz.ru

ООО «ВолгоУралНИПИгаз»,
Оренбург, Россия

Изложены результаты подбора намывных фильтрующих материалов для применения на установках аминовой очистки газа.

Материалы и методы

Лабораторные и промышленные испытания фильтрующих материалов.

Ключевые слова

аминовая очистка, фильтр, фильтрующий материал, целлюлоза

Важнейшим условием успешной эксплуатации установок аминовой очистки природного газа от серосодержащих соединений является поддержание высокого качества циркулирующего раствора абсорбента. На установках сероочистки Оренбургского ГПЗ применяется трехступенчатая система фильтрации раствора амина. Для механической фильтрации используются дисковые фильтры с намывным слоем фильтрующего материала. В качестве фильтрующего материала на установках с намывным слоем применяется целлюлоза DIACEL 2500 импортного производства.

Основной целью выполненной работы является подбор отечественного фильтрующего материала взамен его импортного аналога, позволяющего повысить качество фильтрации аминового абсорбента.

По результатам лабораторных и промышленных испытаний разработаны рекомендации по замене импортного фильтрующего материала DIACEL 2500 на отечественный.

Количество механических примесей и гелей, образованных разложением отдельных химических компонентов, коррозией металлических поверхностей, соприкасающихся с раствором амина, постоянно увеличивается по причине цикличности его использования в технологических установках и, как следствие, насыщение его химически активными элементами. При этом также нельзя исключать вероятность случайных залповых загрязнений этих растворов. Примеси и гели, находящиеся в растворах, оседают на стенках теплообменных аппаратов, на контактных устройствах колонн, и, тем самым, замедляют кинетику процессов тепло-массообмена, вызывают образование пены и повышенный расход раствора, снижают эффективность технологического процесса в целом.

В настоящее время задача по очистке растворов аминов решается, в основном, путем установки узла фильтрации. На

установках сероочистки Оренбургского ГПЗ применяется трехступенчатая система фильтрации раствора амина. Первая ступень — дисковые фильтры с намывным слоем фильтрующего материала, в качестве которого используется либо техническое полотно, либо целлюлоза, вторая ступень — угольные фильтры и на третьей ступени для улавливания частиц угля — фильтры тонкой очистки (тканевые, либо патронные, заполненные техполотном).

Результаты выполненных ранее исследований [1, 2] показывают, что существующий способ очистки аминового абсорбента не приносит нужного результата.

По данным анализов массовая доля примесей в аминах после фильтрации достигает 0,016–0,029 % без учета диспергированных углеводов и продуктов разложения аминов. Характерно, что массовая доля примесей в аминах изменяется в довольно широком диапазоне, что может свидетельствовать о залповом попадании загрязнений через систему сепарации, а также при пробое фильтровального слоя работающих фильтров.

Дисковые фильтры предназначены для грубой очистки аминового абсорбента от механических примесей, поэтому основным показателем эффективности фильтров является количество задержанных на фильтре механических примесей, присутствующих в циркулирующем растворе абсорбента.

С целью сравнения эффективности дисковой фильтрации при применении в качестве фильтрующих материалов ткани (техполотна) и целлюлозы марки DIACEL 2500 были проведены опытно-промышленные испытания.

По результатам опытно-промышленных испытаний, проводимых на установке аминовой очистки в течение десяти дней, эффективность фильтра с применением техполотна составила, в среднем, 76%, а с применением целлюлозы — 68%.

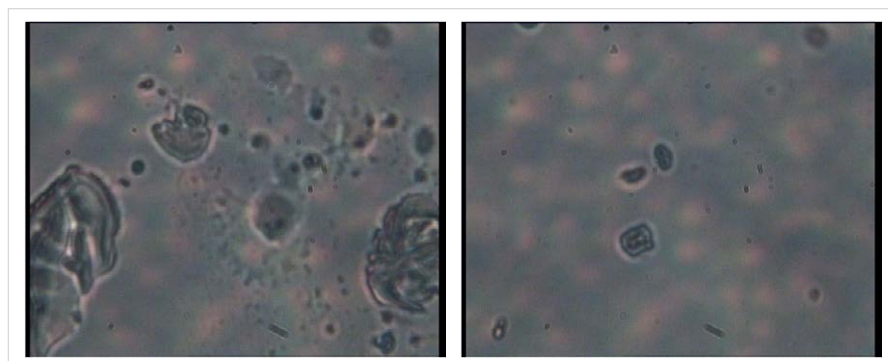


Рис. 1 — Амин до фильтрации (увеличение в 100 раз)
Fig. 1 — Amine before filtration (100 times increase)

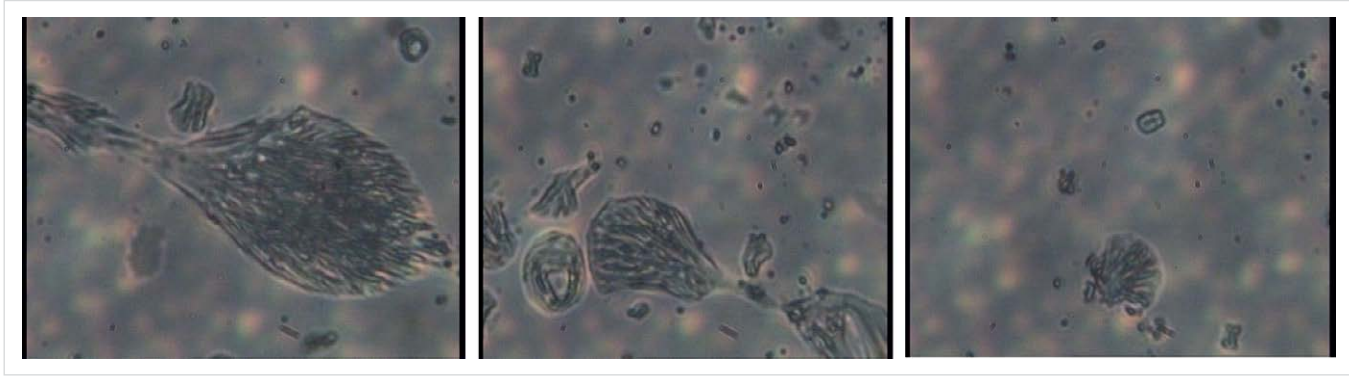


Рис. 2 — Амин после фильтра с техполотном
Fig. 2 — Amine after the filter with cloth

Причем в первые два дня эксперимента эффективность фильтра с целлюлозой была выше, чем фильтра с техполотном. С течением времени эффективность фильтра с техполотном возрастала, а фильтра с целлюлозой напротив, уменьшалась. Это явление можно объяснить тем, что тканевый фильтр по мере насыщения механическими частицами увеличивает тонкость фильтрации путем уменьшения размера ячеек на ткани.

Для выяснения возможности уноса фильтрующего материала потоком амина определялось наличие волокон ткани и целлюлозы после фильтрации при помощи микроскопа.

Для выполнения данного анализа было отобрано семь проб амина: одна проба до фильтра (рис. 1) и по три пробы амина после фильтров с техполотном (рис. 2) и целлюлозой (рис. 3) в начале, в середине и в конце опытно-промышленных испытаний.

По фотографиям, сделанным под микроскопом, можно увидеть, что в амине после фильтра с техполотном присутствуют ворсинки, причем в начале испытаний их значительно больше, чем в конце. В то время как целлюлоза на протяжении всех испытаний равномерно отдает свои включения.

Основными причинами низкой эффективности фильтра с целлюлозой могут быть:

- нанесение неравномерного слоя фильтрующего материала на диски фильтра;
- недостаточное количество намывного материала, не покрывающего полностью поверхность дисков;
- унос фильтрующего материала потоком амина.
- не оптимальный выбор вспомогательного материала.

Эффективность работы действующих фильтров с применением целлюлозы можно повысить за счет уменьшения ячеек сетки, на которую наносится слой фильтрующего материала, а также путем замены применяемого в настоящее время импортного материала DIACEL 2500 на более эффективный отечественный материал с более короткими волокнами.

В связи с этим необходимо было подобрать оптимальный вспомогательный фильтрующий материал отечественного производства, который обеспечил бы эффективную фильтрацию циркулирующего раствора амина на установках сероочистки Оренбургского ГПЗ.

Фильтрующие материалы улавливают твердые частицы из жидкостей и газов. Функционально они являются перегородкой, на которой оседают частицы. Современные фильтрующие материалы позволяют улавливать из жидкостей частицы размером до 1 мкм.

Фильтрующие материалы должны обеспечивать необходимую тонкость и полноту фильтрации при достаточно длительном ресурсе работы, причем эти показатели не должны заметно снижаться в течение всего периода эксплуатации. Материалы должны быть стойкими в очищаемой среде во всем диапазоне рабочих температур независимо от продолжительности контактирования. Кроме того, фильтрующий материал не должен ухудшать физико-химические показатели очищаемого амина, загрязняя его частицами, вымываемыми из материала в процессе эксплуатации.

К материалам, применяемым для

фильтрации, также предъявляются следующие требования: невысокая стоимость, хорошая технологичность и малая трудоемкость при изготовлении. Кроме того, исходное сырье не должно быть дефицитным. То есть используемые материалы должны иметь удовлетворительные экономические показатели, которые могут повышаться, если они обладают способностью к многократной регенерации с полным восстановлением первоначальных свойств. Если регенерация материала экономически не оправдана, и он предназначен для одноразового использования, материал после эксплуатации должен полностью утилизироваться, не загрязняя при этом окружающую среду. Вспомогательные фильтрующие материалы представляют собой тонкодисперсные порошки, либо волокнистый материал.

Полностью удовлетворить всем перечисленным требованиям не всегда представляется возможным, так как стремление к повышению одних показателей качества часто приводит к ухудшению других. Поэтому каждый фильтрующий материал выбирают для конкретных условий применения. Правильность подбора — гарантия его надежной и длительной эксплуатации. В результате анализа рынка фильтрующих материалов для испытаний в лабораторных условиях были предложены целлюлоза и асбест.

Целлюлозу, как вспомогательный материал, используют с 50-х годов прошлого столетия. К преимуществам целлюлозы относятся: высокая чистота получаемого фильтрата, малая зольность, высокая устойчивость к растворителям, разбавленным кислотам и концентрированным щелочам при



Рис. 3 — Амин после фильтра с целлюлозой
Fig. 3 — Amine after cellulose filter

№ п/п	Показатели	Диапазон числовых значений
1	Насыпная плотность волокна, кг/м ³	60–80
2	Плотность после уплотнения, кг/м ³	80–100
3	Влажность, %	До 6,5
4	Длина волокна, мкм	1000

Таб. 1 — Основные свойства целлюлозного волокна Nutex-Cell 1000 WL [3]
Tab. 1 — Basic properties of cellulose fiber Nutex-Cell 1000 WL [3]

№ п/п	Показатели значени	Диапазон числовых
1	Прочность на разрыв, кгс/мм ²	более 300
2	Плотность минерала, кг/м ³	2400–2600
3	Насыпная плотность распушенного хризотила, кг/м ³	100–300
4	Температура плавления, °С	1450–1500
5	Щелочестойкость, рН	9,1–10,3
6	Растворимость, %, при кипячении в течение 4 часов: в HCl плотностью 1,19 кг/дм ³ в KOH, 25%-ном водном растворе	53,4–57,5 0,14–1,6
7	Теплопроводность, Вт/(м•К)	0,05–0,07
8	рН водной суспензии	9–10

Таб. 2 — Основные физико-химические свойства хризотилового волокна
Tab. 2 — Basic physical and chemical properties of chrysotile fiber

комнатной температуре. Термостойкость целлюлозы составляет 120–150 °С, при этом она обладает более низкими абсорбционными свойствами, чем, например, асбест и диатомит, и поэтому уступает этим материалам по задерживающей способности. В качестве намывного фильтрующего материала используется целлюлоза волокнистая. Данный вид целлюлозы производится, в основном, за рубежом.

На момент поиска производителей отечественной целлюлозы в России было найдено единственное предприятие, выпускающее этот фильтрующий материал. Предприятие находится в Московской области. Целлюлозное волокно производится методом сухого роспуска вторичного сырья — макулатуры различных сортов. Производство целлюлозы с длиной волокон 1000–2000 мкм осуществляется по запатентованной технологии на уникальном оборудовании.

Для намывной фильтрации производитель рекомендовал целлюлозное волокно Nutex-Cell 1000 WL [3], которое может использоваться как в качестве основного, так и вспомогательного средства для фильтрации.

Основные свойства целлюлозного волокна Nutex-Cell 1000 WL приведены в таб. 1.

Целлюлозное волокно Nutex-Cell 1000 WL [3] уже используется для фильтрации в ООО «Полихим» (Калининград) вместо ранее применяемого немецкого волокна.

Также в качестве одного из фильтрующих материалов был рассмотрен асбест, который по адсорбционным свойствам превосходит перлит и диатомит. Асбест при фильтровании образует сильно сжимаемые осадки, хорошо задерживающие механические примеси. Существует два основных типа асбестов: серпентин-асбест (хризотил-асбест или белый асбест) и амфибол-асбест.

Хризотил-асбест ($3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) — гидросиликат магния, который структурно относится к слоистым силикатам. Хризотилевое волокно легко распушается в воздушной и водной среде. Обработанный (распушенный) хризотил обладает высокой адсорбционной способностью и проявляет активную адгезию к большинству связующих и дисперсных ингредиентов благодаря большой внутренней поверхности пор между волокнами и возникновению прочных топохимических связей.

Асбест делят по сортам. Чем длиннее волокно, тем выше сорт. В России развито производство асбеста, этим занимаются горно-обогатительные комбинаты. Они добывают в основном хризотилевоый асбест, так как он наиболее востребован благодаря своим свойствам. Крупнейшим производителем асбеста является АО «Оренбургские минералы». Асбест хризотилевоый выпускается по ГОСТ 12871 [4]. Стоимость асбеста в десять раз ниже стоимости целлюлозы отечественного производства и в двадцать раз ниже импортной.

Основные физико-химические свойства хризотилового волокна приведены в таб. 2.

Сравнительная оценка фильтрующих материалов в лабораторных и промышленных условиях проводилась по показателю «эффективность фильтрации», то есть по процентному соотношению отфильтрованных мехпримесей к общему количеству мехпримесей, содержащихся в амине до фильтрации.

Для проведения сравнительных лабораторных исследований были выбраны следующие фильтрующие материалы:

1. Целлюлоза DIACEL 2500 производство Германия.
2. Целлюлозное волокно Nutex-Cell 1000 WL производства Россия.

3. Асбест (хризотил) производства Россия.

По результатам лабораторных исследований было установлено, что асбест в составе композиционного фильтрующего материала позволяет увеличить его грязеемкость, а целлюлоза — пропускную способность.

Таким образом, варьируя их соотношения, можно получить фильтрующий материал с достаточно высокой грязеемкостью и хорошей проницаемостью.

Наилучшую фильтрующую способность при испытании в лабораторных условиях показал композиционный фильтрующий материал, в составе которого 80% асбеста хризотилевоого марки А-6-4 и 20% целлюлозного волокна Nutex-Cell 1000 WL.

Лабораторное тестирование используется для определения наиболее эффективного фильтрующего материала, но не гарантирует получения аналогичной эффективности фильтрующего материала в промышленных условиях. Эффективность значительно зависит от наличия загрязнителя, его взвешенного состояния в фильтруемой жидкости, размеров частиц, гранулометрического состава и т.д. Результаты фильтрации также зависят от расхода фильтруемой жидкости, давления и других факторов. Действительные результаты можно получить только при тестировании фильтров в реальных системах.

С этой целью на одной из установок аминной очистки были проведены опытно-промышленные испытания, позволяющие сравнить импортный фильтрующий материал Diacel 2500 и подобранный во время лабораторных испытаний отечественный фильтрующий материал — целлюлозное волокно Nutex-Cell 1000 WL как в чистом виде, так и в композиции с асбестом [5].

Для оценки эффективности и целесообразности той или иной композиции фильтрующего материала учитывались следующие факторы:

- время, необходимое для намывки фильтрующего материала на сетку фильтра (определялось по прозрачности раствора амина, циркулирующего через фильтр);
- пропускная способность фильтра (определялась перепадом давления на фильтре);
- проницаемость (эффективность фильтрации).

По результатам опытно-промышленных испытаний можно сделать следующие выводы:

1. Постоянной положительной динамики при фильтрации амина не наблюдалось. Часто содержание мехпримесей после фильтра было выше, чем до фильтра. Малоэффективная фильтрация абсорбента и перемешивание растворов различной степени очистки приводило к постоянному накоплению примесей. Среди причин неудовлетворительной работы фильтра можно отметить механический износ опорных секток фильтра, неравномерность намывки фильтрующего материала.
2. Визуально в растворе амина как до фильтра, так и после него, волокон фильтрующего материала не наблюдалось.
3. Эффективность фильтрации с применением импортной целлюлозы DIACEL 2500 и

целлюлозного волокна Nutex-Cell 1000 WL отечественного производства находилась примерно на одном уровне.

4. Намывка фильтрующего материала с добавлением асбеста процесс длительный. Время намывки фильтрующего материала в составе: асбест марки А-6-45 (16 кг) и целлюлозное волокно Nutex-Cell 1000 WL (4 кг), составляет около 12 ч., в то время как для намывки целлюлозы достаточно не более 1,5 ч.
5. Лучшую фильтрующую способность показали композиционные материалы на основе асбеста. Волокна асбеста обладают хорошей связующей способностью, поэтому при смешении асбеста с целлюлозой увеличивается «набухаемость» и «цепкость» фильтрующего материала, то есть способность плотно приставать к металлическим сеткам, что, соответственно, увеличивает грязеемкость фильтрующего материала. Однако при этом увеличивается перепад давления на фильтре.
6. С увеличением доли асбеста в составе композиционного материала увеличивается масса осадка в емкости, предназначенной для предварительного перемешивания. При использовании фильтрующего материала без добавления асбеста осадка в емкости не наблюдалось. Таким образом, по результатам ОПИ

выявлено, что композиционный фильтрующий материал, в составе которого основную долю составляет асбест, не подходит для промышленного применения, лучшие результаты показали композиции, где основную долю составляет целлюлоза, а асбест присутствуют в небольшом количестве. По результатам выполненных исследований рекомендуется:

1. Заменить импортный фильтрующий материал DIACEL 2500 на фильтрующий материал отечественного производства, в составе которого целлюлозное волокно Nutex-Cell 1000 WL и асбест марки А-6-45 в соотношении 4:1.
2. Для исключения образования осадка в емкости предварительного перемешивания асбест засыпать порционно при включенном насосе. Увеличить время намывки фильтрующего материала до полного осветления раствора амина.

Итоги

Разработаны рекомендации по замене импортного фильтрующего материала на аналог отечественного производства.

Выводы

Важнейшим условием успешной эксплуатации установок аминовой очистки природного

газа от серосодержащих соединений является поддержание высокого качества циркулирующего раствора абсорбента, которое достигается путем применения эффективного композиционного фильтрующего материала отечественного производства.

Литература

1. Отчет на оказание инжиниринговых услуг по определению эффективности дисковых фильтров с применением целлюлозы. Оренбург: ООО «ВолгоУралНИПИгаз», 2015.
2. Отчет на оказание услуг по анализу рынка химреактивов и фильтрующих материалов отечественного производства для замены импортных аналогов, применяемых на объектах ООО «Газпром добыча Оренбург». Оренбург: ООО «ВолгоУралНИПИгаз», 2016.
3. ТУ 5422-001-37580587-2013. Волокно целлюлозное из вторичного сырья. Технические условия.
4. ГОСТ 12871-93. Асбест хризотилковый — хризотил. Общие технические условия.
5. Отчет на оказание инжиниринговых услуг по опытно-промышленным испытаниям фильтрующего материала для фильтрации растворов аминов на установке 2У-370 Оренбургского ГПЗ. Оренбург: ООО «ВолгоУралНИПИгаз», 2017.

ENGLISH

GAS INDUSTRY

UDC 622.691

Selection and testing of filter materials of domestic production for use in amine treatment plants Orenburg GPP

Authors

Olga A. Kalimeneva — Ph.D., head of the department; OKalimeneva@vunipigaz.ru

Galina V. Kirillova — senior researcher; GKirillova@vunipigaz.ru

LLC "VolgoUralNIPigaz", Orenburg, Russian Federation

Abstract

The results of the selection of alluvial filter materials for use in amine gas treatment plants are presented.

Materials and methods

Laboratory and industrial tests of filtering materials.

Keywords

amine cleaning, filter, filter material, cellulose

Results

Recommendations on the replacement of imported filter material with an analogue of patriotic production are developed.

Conclusions

The most important condition for the successful operation of natural gas amine purification plants from sulfur-containing compounds is to maintain the high quality of the circulating absorbent solution, which is achieved through the use of an effective composite filter material of patriotic production.

References

1. *Otchet na okazanie inzhiniringovykh uslug po opredeleniyu effektivnosti diskovykh fil'trov s primeneniem tsellyulozy* [Report on the provision of engineering services to determine the effectiveness of disk filters using cellulose]. Orenburg: LLC "VolgoUralNIPigaz", 2015.
2. *Otchet na okazanie uslug po analizu rynka khimreaktivov i fil'truyushchikh materialov otechestvennogo proizvodstva dlya zameny importnykh analogov, primenyaemykh na ob'ektakh OOO*

3. *"Gazprom dobycha Orenburg"* [Report on the provision of services for the analysis of the market of chemicals and filtering materials of domestic production to replace them-tailor analogues used at the facilities of LLC "Gazprom dobycha Orenburg"]. Orenburg: LLC "VolgoUralNIPigaz", 2016.
3. *ТС 5422-001-37580587-2013. Volokno tsellyuloznoe iz vtorichnogo syr'ya. Tekhnicheskie usloviya* [Fiber pulp from recycled materials. Technical conditions].
4. *GOST 12871-93. Asbest khrizotilovyy*

- *khризотил. Obshchie tekhnicheskie usloviya* [Chrysotile asbestos — chrysotile. General specifications].
5. *Otchet na okazanie inzhiniringovykh uslug po opytно-promyshlennym ispytaniyam fil'truyushchego materiala dlya fil'tratsii rastvorov aminov na ustanovke 2U-370 Orenburgskogo GPZ* [Report on the provision of engineering services for experimental-industrial testing of filter material for filtration of solutions of amines for the installation of 2U-370 Orenburg GPP]. Orenburg: LLC "VolgoUralNIPigaz", 2017.