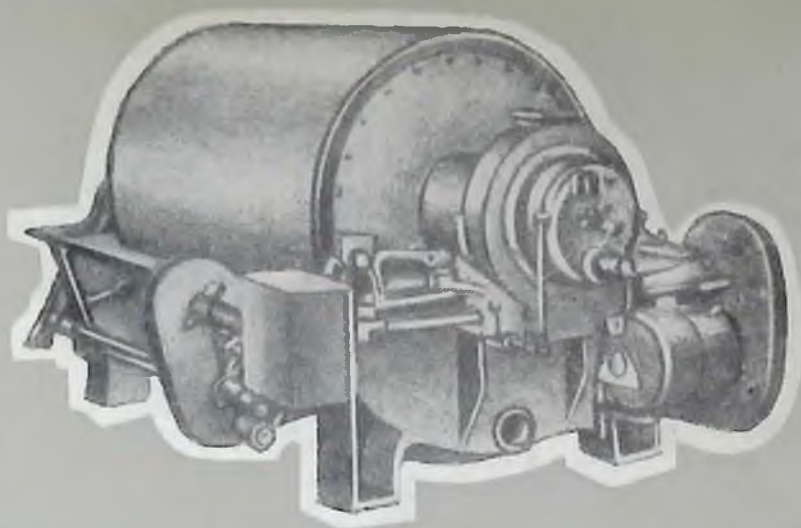


622.7

Р 26

Л. И. РАФНЕНКО



**ФИЛЬТРАЦИЯ
РУДНЫХ
ПУЛЬП
НА
СИНТЕТИЧЕСКИХ
ФИЛЬТРОТКАНЯХ**

Книга должна быть возвращена не
позже указанного здесь срока

Количество предыдущих выдач _____

7	15777
6	Рагменко
	интерьер
	интерьер
	77 коп.

✓ 77 2005.

А. И. РАФИЕНКО

622.7
P26

ФИЛЬТРАЦИЯ
РУДНЫХ
ПУЛЬП
НА
СИНТЕТИЧЕСКИХ
ФИЛЬТРОТКАНЯХ

ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА	2
Шифр _____	
Инв. № 15777	



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
МОСКВА 1967

Фильтрация рудных пульп на синтетических фильтротканях.
Рафиенко А. И. «Недра». 1967, стр. 182.

В книге рассмотрена фильтрация рудных пульп на синтетических фильтротканях и доказана целесообразность замены существующих фильтротканей на высокоэффективные ткани, изготовленные из синтетических волокон.

Описаны физико-химические свойства и возможность применения синтетических волокон, пригодных для изготовления фильтротканей.

Приведены основные закономерности фильтрации рудных пульп на синтетических фильтротканях с учетом строения ткани и свойств волокон.

Изложены физико-химические условия, причины и кинетика образования осадка, его состав и структура на различных типах синтетических фильтротканей. Освещены различные методы восстановления синтетических фильтротканей и даны технологические показатели фильтрации на восстановленных синтетических фильтротканях.

Рассмотрены возможные варианты снижения образования осадка на фильтротканях путем изменения химических (реагентами, поверхностно-активными веществами) и физических (в основном магнитным полем) свойств пульпы.

Таблиц 47, иллюстраций 82, библиографий 91.

ВВЕДЕНИЕ

Директивами XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966—1970 гг. предусмотрено значительное увеличение добычи и переработки полезных ископаемых. Это требует коренного усовершенствования технологии обогащения и гидрометаллургии при переработке минерального сырья, особенно процесса фильтрации.

При переработке рудных пульп фильтрация является одним из важнейших процессов в обогащении руд цветных, редких и драгоценных металлов, горно-химического сырья и различного типа солей. В зависимости от технологической схемы фабрики объем продуктов, поступающих на фильтрацию, может быть самым разнообразным. Особенно большое место занимает фильтрация в гидрометаллургии алюминия, золота и меди, а также при обогащении фосфоритных и апатитовых руд и калийных солей, где нередко в этот процесс поступает почти весь объем перерабатываемого сырья.

Процесс фильтрации позволяет наиболее полно разделить рудную пульпу на жидкую и твердую фазы, одна из которых представляет ценный продукт. Степень разделения и качество продуктов фильтрации определяют извлечение и технико-экономические показатели работы обогатительных фабрик и гидрометаллургических заводов.

На технологические показатели фильтрации при прочих равных условиях (химического и гранулометрического составов пульпы, величины вакуума, скорости вращения барабана фильтра и др.) оказывает существенное влияние конструкция фильтрующего аппарата и его диафрагма — фильтроткань, основа для образования первоначального слоя фильтрации, особенно ее строение и физико-химические свойства волокон. При фильтрации рудных пульп в качестве фильтрующих аппаратов применяют в основном барабанные с внешней и внутренней фильтрующей поверхностью, дисковые, ленточные, рамные фильтры, план-фильтры и фильтр-прессы и др. Конструктивно эти аппараты уже достаточно разра-

Ботаны и отвечают требованиям фильтрации, однако технологические параметры работы этих фильтров нуждаются в детальной проверке и уточнении с целью изыскания для них оптимальных режимов в зависимости от химической и гранулометрической характеристик фильтруемой среды.

Обычно при фильтрации рудных пульп в качестве фильтрующих диафрагм применяют разнообразные материалы как органического (хлопчатобумажные, шерстяные, хлориновые ткани), так и неорганического происхождения (керамические патроны, металлическая сетка, асбестовые и стеклянные ткани). Из них наибольшее распространение получили хлопчатобумажные ткани при фильтрации нейтральных и слабощелочных рудных пульп и хлориновые ткани при фильтрации кислых и сильно кислых пульп. Поскольку при фильтрации рудных пульп чаще всего встречаются нейтральные и слабощелочные пульпы, то хлопчатобумажные фильтроткани в настоящее время являются доминирующими.

Выпуск стандартных хлопчатобумажных фильтротканей типа фильтродиагональ, фильтромиткаль, фильтробельтинг, фильтровсванбой не превышает 7 млн. м² в год. Недостаточный выпуск этих фильтровальных тканей приводит к широкому применению на предприятиях нестандартных тканей — бязи, марли, бельтинга, чефера, шифона и других материалов, которые дают по сравнению со специальными фильтротканями более низкие технологические показатели фильтрации при относительно малом сроке их эксплуатации и плохой задерживающей способности.

В процессе фильтрации хлопчатобумажные фильтроткани (фильтродиагональ, фильтробельтинг, фильтромиткаль, фильтровсванбой) также обладают рядом недостатков. Они быстро забиваются и цементируются различными химическими соединениями, выделившимися из жидкой фазы пульпы, а также частицами твердой фазы пульпы. При этом теряется не только фильтрующая способность фильтротканей, но и их механическая прочность, эластичность и др. С появлением засоряющих отложений на поверхности хлопчатобумажных фильтротканей быстро начинает падать производительность фильтра, увеличивается влажность отфильтрованного осадка, снижается полнота съема кека и одновременно ухудшается степень отмывки ценного компонента. Хлориновые фильтроткани, несмотря на высокую устойчивость в кислых средах, работают еще меньше, чем хлопчатобумажные фильтроткани и дают фильтрат с большим содержанием твердых частиц.

Следовательно, хлопчатобумажные и хлориновые фильтроткани не могут обеспечить достаточно высоких технологических показателей фильтрации.

В связи с появлением в промышленности новых синтетических волокон представляет большой научный и практический интерес исследование эффективности применения этих волокон для создания высокоэффективных фильтрующих диафрагм при фильтрации рудных пульп.

Известно, что синтетические ткани (капрон, нейлон, лавсан, орлон, нитрон, фторлон, полиэтилен, полипропилен и др.) по своим физико-химическим свойствам имеют большие преимущества перед хлопчатобумажными фильтротканями, изготовленными из растительных волокон. Эти преимущества сводятся к следующему. Для производства синтетических волокон имеется широко доступная и дешевая сырьевая база: природный газ, уголь, нефть и продукты их переработки, целлюлоза (древесная и хлопковая) и др. При изготовлении синтетических волокон по сравнению с натуральными значительно меньше требуется трудовых и материальных затрат. Большое разнообразие основных физико-химических свойств синтетических волокон и возможность легко изменять или усовершенствовать эти свойства позволяет получать волокна с необходимыми прочностными показателями в зависимости от требований производства. Основным условием широкого применения новых синтетических материалов в промышленности является большая их прочность, стойкость к воздействию различных агрессивных сред и способность выдерживать достаточно высокие температуры.

Рассмотренные преимущества синтетических волокон указывают на перспективность изготовления из этих волокон фильтротканей с целью применения их при фильтрации всевозможных категорий рудных пульп, что позволит значительно интенсифицировать процесс фильтрации, увеличить срок службы фильтровальных тканей и снизить стоимость передела.

Однако, несмотря на перспективность новых синтетических волокон, до сих пор отсутствуют научно обоснованные рекомендации о выборе и изготовлении определенных типов синтетических фильтротканей, соответствующих многообразному и довольно сложному физико-химическому составу рудных пульп, так как не все выпускаемые промышленностью синтетические фильтроткани отвечают требованиям технологического процесса фильтрации. Имеющиеся сведения об успешном применении некоторых типов технических синтетических тканей в качестве фильтрующих диафрагм носят лишь частный характер и оцениваются в основном с экономической точки зрения без глубоких теоретических исследований. Такой подход к освоению новых синтетических тканей может привести к нерациональному применению их при фильтрации рудных пульп. Следует отметить, что основные закономерности фильтрации на синтетических фильтротканях совершенно не исследованы; не установлены химический состав осадка, причины и скорость его образования на поверхности различных типов фильтротканей; отсутствуют сведения о путях промышленного восстановления синтетических фильтротканей и возможности их вторичного применения после восстановления.

Для выяснения эффективности фильтротканей, изготовленных из синтетических волокон, и установления области их применения при фильтрации рудных пульп, а также изыскания наиболее рацио-

нальных режимов работы фильтрационного оборудования автор данной книги поставил перед собой следующие задачи:

изучить физико-химические свойства и возможность применения синтетических волокон, пригодных для изготовления фильтроткани;

установить основные закономерности фильтрации рудных пульп на синтетических фильтротканях с учетом строения ткани и свойств волокон;

исследовать физико-химические условия, причины и кинетику образования осадка, его состав и структуру на различных типах синтетических фильтротканей;

разработать методы и дать химическое обоснование процесса восстановления синтетических фильтротканей;

выявить технологические показатели фильтрации на восстановленных синтетических фильтротканях;

исследовать возможные варианты снижения образования осадка на фильтротканях путем изменения химических и физических свойств пульпы;

установить в промышленных условиях оптимальный режим эксплуатации барабанных вакуум-фильтров, экипированных синтетическими фильтротканями.

Рассматриваемая работа основана на теоретических изысканиях, обширных промышленных и лабораторных экспериментах, рентгенометрическом и химическом анализах, исследовании эффекта действия магнитного поля на физические свойства фильтруемой пульпы и изучении потенциала протекания при определении поверхностных явлений на фильтротканях, а также на технико-экономических сравнениях. Это позволило получить новые данные, которые значительно расширили существующие взгляды на процесс засорения фильтротканей, и обосновать наиболее эффективные типы синтетических тканей для фильтрации рудных пульп.

Автор выражает благодарность за ценные указания и помощь при проведении исследований проф. докт. техн. наук И. К. Скобееву и проф. докт. техн. наук С. И. Полькину.

**ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ФИЛЬТРОТКАНЕЙ
И ОБЛАСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ
ПРИ ФИЛЬТРАЦИИ РУДНЫХ ПУЛЬП**

В промышленных условиях на фильтрацию поступают разнообразные по своему составу и свойствам рудные пульпы, содержащие значительное количество химических веществ в виде анионов и катионов. Присутствующие в пульпе химические соединения оказывают существенное влияние на засорение и прочность фильтротканей.

При обогащении полезных ископаемых на фильтрацию часто поступают щелочные пульпы, однако в гидрометаллургических процессах при переработке урановых руд, медных руд по способу проф. В. Я. Мостовича [37], а также при обогащении и последующей переработке горно-химического сырья приходится иметь дело с кислыми пульпами. Состав щелочных и кислых пульп на каждом предприятии различный. Поэтому эффективно работающие фильтровальные ткани на одних предприятиях бывают мало пригодны для фильтрации на других.

Физико-химические свойства волокон и строение ткани играют важную роль при выборе фильтровального волокна как в щелочных, так и в кислых средах. В связи с этим целесообразно рассмотреть и оценить основные физико-химические свойства всех видов синтетических волокон: поливинилхлоридных, полиамидных, полиэфирных, фторсодержащих, полиолефиновых, полиакрилонитриловых, а также волокон из неорганических и органических соединений: хлопчатобумажных, льняных, шерстяных, стеклянных, асбестовых и других волокон из высокомолекулярных соединений, пригодных для изготовления фильтротканей. При этом важно установить наиболее рациональное строение фильтротканей из синтетических волокон. Применительно к фильтрации рудных пульп такая оценка основных физико-химических свойств и строения синтетических фильтротканей в настоящее время отсутствует. Имеющиеся работы в этом направлении относятся в основном к хлопчатобумажным фильтротканям [10, 62].

Для уточнения возможной области применения синтетических фильтротканей важно обобщить практические данные, выяснить недостатки процесса фильтрации на стандартных хлопчатобумажных фильтротканях и проанализировать основные технологические показатели работы фильтрационных отделений отечественных и зарубежных обогатительных фабрик, где фильтруют продукты обогащения руд цветных, редких и драгоценных металлов, а также горно-химического сырья и солей.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О РАБОТЕ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

При фильтрации продуктов обогащения руд применяют барабанные вакуум-фильтры с внешней и внутренней фильтрующей поверхностью, дисковые, ленточные и рамные вакуум-фильтры. В случае фильтрации небольших объемов пульп обычно используют фильтрпрессы. Другие типы фильтров применяют на обогатительных фабриках реже.

В процессе фильтрации рудных пульп особенно важно учитывать, что является ценным компонентом — жидкая или твердая фаза пульпы. Это один из главных факторов при обосновании необходимого оборудования и типа фильтроткани. При фильтрации пульпы, в которой ценные составляющие находятся в растворенном состоянии, а твердая фаза не представляет интереса для дальнейшего передела, необходимо наиболее полное отделение жидкой фазы от твердой. При фильтрации таких пульп дополнительно вводится операция промывки образующегося осадка. Подобный процесс можно встретить при переработке калийных солей на урановых и редкометальных фабриках, а также на обогатительных фабриках с гидрометаллургической переработкой золотосодержащих руд.

В случае фильтрации рудных пульп, у которых ценным компонентом является твердая фаза, а жидкая фаза выбрасывается, необходимо по возможности получить осадок с минимальным содержанием влаги. Потери ценного компонента при фильтрации в этом варианте зависят от качества полученного фильтрата. Здесь дополнительно вводится операция сгущения и осветления фильтрата. По такой схеме в процессе обогащения фильтруются все флотационные концентраты: апатитовые, фосфоритовые, свинцовые, цинковые, медные, пиритные, молибденовые, никелевые, шеелитовые, баритовые, золотомышьяковые и др. В табл. 1 приведены основные технологические показатели фильтрации этих компонентов, полученные при применении хлопчатобумажных фильтротканей. Эти показатели получены на основании обобщения практических и литературных данных [64, 69, 70].

Таблица 1

Основные показатели работы фильтровальных отделений
обогащительных фабрик

Наименование обогащительных фабрик	Тип и размеры фильтра	Содержание твердого в питании, %	Содержание класса —0,074 м.м. %	Производительность фильтра по твердому, т/м ² ·ч
<i>Апатитовый концентрат</i>				
АНОФ № 1 (комбинат „Апатит“)	Барабанный ВУ-25	50	40	0,56
АНОФ № 2 (комбинат „Апатит“)	Барабанный ВУ-40	50	40	0,58
<i>Фосфоритовый концентрат</i>				
Комбинат „Фосфорит“	Барабанный ВУ-40-М65	30—34	35—40	0,35—0,4
— Комбинат „Каратау“	БОУ-40-3	58—60	70	0,3
Подмосковный ГХК	ВУ-40	52—56	60	0,3—0,35
Брянский фосфоритный завод	ВУ-25 ДУ-51-25 БОУ-40-3	50—55 50—55 50—55	65 65 65	0,3 0,3 0,3
Щигровский фосфоритовый рудник	В25—2,6/3,3	55	60	0,5
<i>Концентрат хлористого калия</i>				
Солигорский	БОУ-40-3	60—70	20	0,64
Березниковский	БОУ-40-3	60—70	20	0,65
<i>Свинцовый концентрат</i>				
Зырянская	Дисковый 2,5 м	59	93	0,093
Лениногорская	Барабанный	46—49	100	0,09
Салаирская	Дисковый	30—40	80	0,54
Сихотэ-Алинская	Барабанный и дисковый	40—50	70—75	0,10—0,12
Хапчерангинская	Дисковый	20,4	18,9	0,16
Актюзская	Дисковый	55	71,4	0,09—0,12
Буурдинская	Барабанный	68	82	0,675
Золотушинская	Дисковый 2,5 м	43—61,1	80,75	0,32
ИГЛ (США)	Дисковый	65	71	—
Копсолидэйтед (США)	Барабанный	79	100	0,6
Бонне-Терсе (США)	Дисковый	70	94	0,13

Продолжение табл. 1

Наименование обогатительных фабрик	Тип и размеры фильтра	Содержание твердого в питании, %	Содержание класса — 0,074 мм, %	Производительность фильтра по твердому, т. м ² .ч
Бункер-Хилл энд Сулливан (США)	Дисковый	51	97	0,3
Делодж (США)	Барабанный	70	92	0,21
<i>Цинковый концентрат</i>				
Золотушинская	Дисковый 2,5 м	54—65,5	72,6	0,37
Зыряновская	Барабанный	67	72	0,27
Красноуральская	Дисковый	30—65	93,3	0,25—0,35
Ленингорская	Дисковый	53	85,8	0,53
Салаирская	Дисковый	40—50	66	0,6
Сихотэ-Алинская	Барабанный и дисковый	40—50	60—70	0,10—0,12
Хапчерангинская	Дисковый	16,5	74,2	0,027
Майнинг энд Сметтинг (США)	Дисковый	79	94	0,6
Бункер-Хилл энд Сулливан (США)	Барабанный	61,6	95	0,11
<i>Медный концентрат</i>				
Балхашская	Дисковый 2,5 м	70—78	99,4	0,15
Золотушинская	Дисковый	50—60	71,7	0,55
Зыряновская	Барабанный	54	80	0,16
Карабашская	Дисковый	60—65	91,5	0,2
Красноуральская	Дисковый	50—65	39,3	0,25—0,34
Андес	Барабанный	72—79	61	0,15
Маунт Лайэлл	Дисковый	65	26	0,5
Невада Консолидейтед Рей (США)	Дисковый	60—70	90	0,39
Норанда (Канада)	Дисковый	65—75	100	0,4
Невада Консолидейтед Чинно (США)	Дисковый	70	95	0,18
Норанда (Канада)	Барабанный	55—65	100	0,37
Нью-Корнелия (США)	Барабанный	60	81	0,19
СУМЗ	Дисковый	65—70	90	0,39
<i>Пиритный концентрат</i>				
Ленингорская	Барабанный	32	97	0,82
СУМЗ	Дисковый	68—75	88,7—90	0,506
Опдермэн	Дисковый	59	77	0,42

Продолжение табл. 1

Наименование обогатительных фабрик	Тип и размеры фильтра	Содержание твердого в питании, %	Содержание класса $-0,074$ мм, %	Производительность фильтра по твердому, т/м ² ·ч
Айдахо-Мериленд(США)	Барабанный	62	92	0,35
Фабрики СРР	Барабанный	60	65—80	—
<i>Молибденовый концентрат</i>				
Актюзская	Дисковый	66	65,8	0,03—0,08
Клаймакс (Канада) . .	Барабанный	90	90	0,09
<i>Никелевый концентрат</i>				
Норильская	Дисковый	40—50	75,6	0,082
Африканская (Южно-Африканская Республика)	Дисковый	50—60	58	0,22
<i>Свинцово-цинковый концентрат</i>				
Маунт-Сен-Антония . .	Барабанный	50	85	0,2
<i>Баритовый концентрат</i>				
Салаирская	Дисковый	30—40	60, 5	0,44
<i>Сурьмяный концентрат</i>				
Кадамджайская	Дисковый	50	27	0,053
<i>Железорудные концентраты Кривого Рога</i>				
ЮГОК, фабрика № 1 .	ВУ-20	45	82,0	0,43
(с 1 по 8 секции) . .	ВУ-40	45	82,0	0,43
ЮГОК, фабрика № 1	ДУ-28/1,8	50	87,8	0,58
(с 9 по 10 секции) .				
ЮГОК, фабрика № 2 .	ДУ-68/2,4	55	88,2	0,6
НКГОК	ДУ-68/2,4	50	81	0,71
ЦГОК (первая очередь)	ДУ-34—2,5	50	75	0,80

Фильтры обычно выбираются проектирующими организациями без каких-либо технологических обоснований. При фильтрации больших объемов концентратов предпочтение отдается по экономическим соображениям дисковым вакуум-фильтрам, а малых — барабанным. Влажность отфильтрованных концентратов (апатитовых, свинцовых, цинковых, медных и др.) на предприятиях колеблется и достигает 7—15%. На большинстве обогатительных фабрик влажность концентратов составляет 9—12%. Резко колеблется толщина осадка на вакуум-фильтрах и удельная производительность фильтрующих аппаратов. Изменение рассмотренных показателей в значительной степени зависит от технологического состояния основного и вспомогательного оборудования фильтрации, а также от процентного содержания твердого в питании, гранулометрической и химической характеристик концентратов. Наличие в пульпе химических реагентов влияет на процесс фильтрации [59]. Несмотря на большое колебание технологических показателей, удельная производительность фильтров, как видно из табл. 1, на большинстве фабрик изменяется по твердому от 0,1 до 0,3 т/м²·ч, а по фильтрату от 0,05 до 0,9 м³/м²·ч.

Наряду с фильтрацией руд редких и цветных металлов, а также горно-химического сырья и солей резко возрос объем фильтруемых продуктов при обогащении железных руд. При переработке этих руд флотационным способом получают концентраты с содержанием жидкой фазы до 60%, но для дальнейшей металлургической переработки содержание влаги в концентрате не должно превышать 8%. Поэтому для получения железных концентратов с малой влажностью применяют фильтрацию. При фильтрации данных концентратов качество фильтрата не оказывает влияния на извлечение, так как фильтрат снова возвращается в оборот. Фильтрация железных концентратов занимает в настоящее время на фабриках значительную долю эксплуатационных расходов, если учесть, что современные фабрики имеют производительность свыше 1000 т/ч по исходной руде и около 450 т/ч по концентрату.

Для фильтрации такого количества материала необходимо большое количество фильтров. Так, например, только на четырех обогатительных фабриках Кривбасса установлено около 150 различного типа вакуум-фильтров. Для осуществления фильтрации израсходовано на этих фабриках за год около 500 тыс. м² хлопчатобумажных фильтротканей [26]. На обогатительных фабриках при переработке руд цветных, редких и драгоценных металлов, а также горно-химического сырья и солей расход фильтроткани также достигает значительных размеров. Например, на одной из золотоизвлекательных фабрик расход хлопчатобумажных фильтротканей составляет 15 тыс. м² в год, а на комбинате «Апатит» до замены на капрон расходовалось более 500 тыс. м² в год хлопчатобумажной фильтроткани типа чефер.

По этому вопросу совершенствования технологии фильтрации необходимо уделять большое внимание. Причем интенсификация

процесса фильтрации должна осуществляться как путем совершенствования оборудования и установления рационального режима его работы, так и за счет изыскания и применения новых фильтрующих тканей с более рациональным их строением и высокими физико-химическими и механическими свойствами.

2. СТРОЕНИЕ ФИЛЬТРОТКАНЕЙ

Известно, что на процесс фильтрации значительно влияет строение фильтротканей, т. е. переплетение волокон тканей. От строения ткани зависят физические свойства фильтровального полотна. Различные по строению ткани, если даже они изготовлены из одного и того же исходного сырья, имеют разное гидравлическое сопротивление, зависящее от размера и конфигурации пор (т. е. плотности ткани), характеристики пряжи, ее номера и переплетения. Поэтому для более рационального подхода к вопросу проектирования — диссиминации синтетических фильтротканей приведем основные элементы тканей и возможные варианты их переплетения.

Основным элементом, из которого соткана ткань, является пряжа, характеризующаяся номером, числом сложений и витков на единицу длины (крутка пряжи). Пряжа должна удовлетворять следующим требованиям: выдерживать определенную крутку, толщину или номер и иметь достаточную прочность. Номер пряжи определяется отношением длины нити к ее весу. Чем выше номер, тем тоньше пряжа. Для изготовления хлопчатобумажных фильтровальных тканей обычно используется пряжа номера 20—30, а для синтетических фильтротканей, согласно высоким физико-механическим свойствам этих волокон и необходимой плотности ткани, номер пряжи можно увеличить до 200—300. Для фильтротканей применяют пряжу от 2 до 8 нитей, поэтому номер крученой пряжи (нити) характеризуется обычно дробью, где числитель — номер пряжи, а знаменатель — число сложений, т. е. количество нитей в пряже.

Фильтровальную ткань обычно изготавливают из двух систем параллельных нитей, расположенных перпендикулярно между собой. Нити, идущие в продольном направлении, называются основными, а в поперечном — уточными.

В зависимости от взаимного расположения нитей можно изготовить большое количество самых разнообразных переплетений [39]. В практике для создания фильтровальных тканей обычно применяют: полотняное, саржевое или атласное переплетение.

Схематически эти переплетения показаны на рис. 1, 2, 3. Каждое переплетение характеризуется определенной величиной раппорта, т. е. наименьшим числом нитей, после которых повторяется порядок переплетений. Различают раппорт по основе и раппорт по утку. Самое простое переплетение — это полотняное, где наиболь-

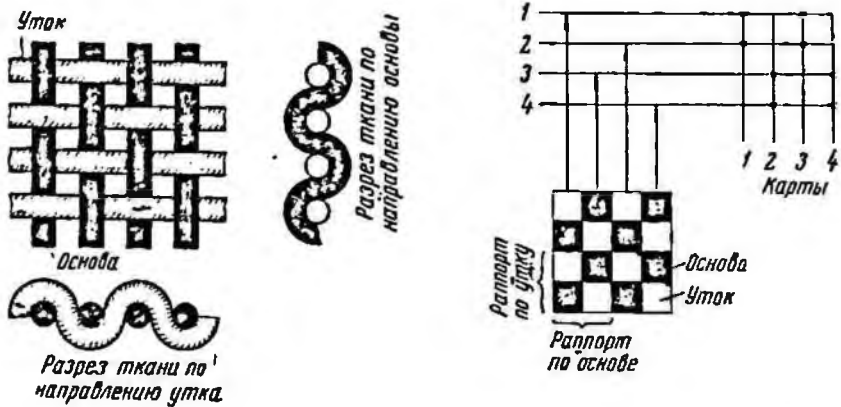


Рис. 1. Схема строения фильтротканей полотняного переплетения

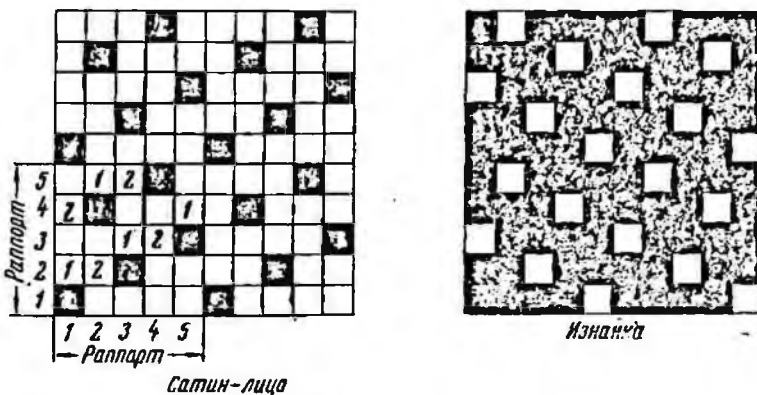
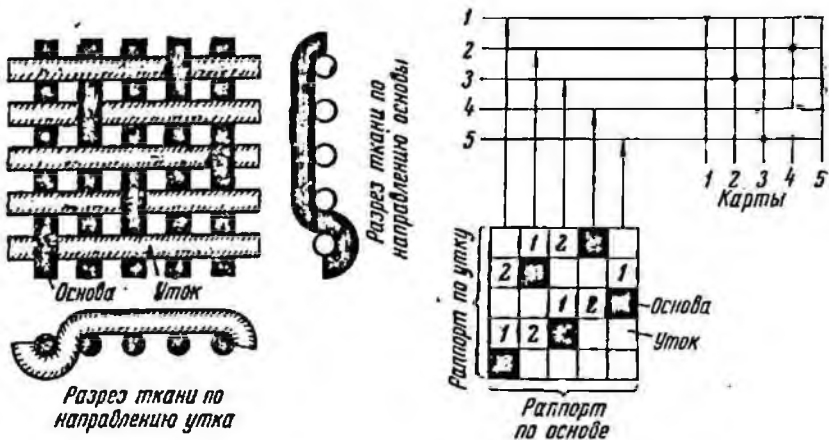


Рис. 2. Схема строения фильтротканей саржевого переплетения

ший раппорт равен 2, т. е. состоит из двух основных и двух уточных линий. Иногда полотняное переплетение в шелковом производстве называют гарнитурным, а в шерстоткацком — суконным, в льняном, полотняном и хлопчатобумажном — миткалем. На базе гарнитурного переплетения построены многие фильтроткани: фильтромиткаль, бязь, чефер, бельтинг и некоторые шерстяные, стеклянные и другие ткани. При таком переплетении поры ткани имеют изодиаметричное (квадратное) строение.

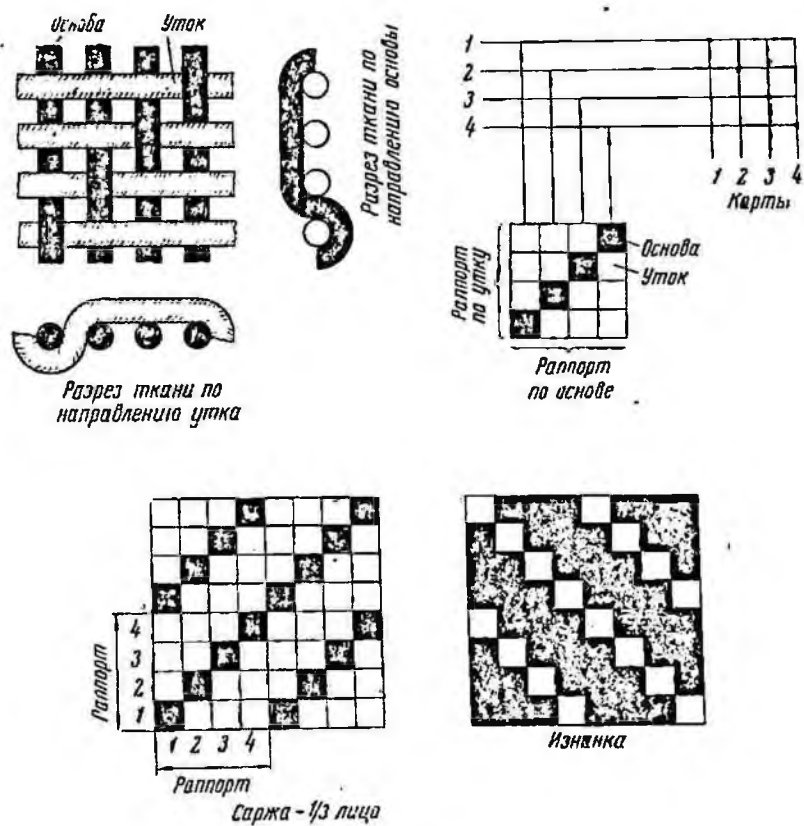


Рис. 3. Схема строения фильтротканей атласного переплетения

Для саржевого переплетения наименьший раппорт состоит из трех основных и трех уточных линий. Основные и уточные нити в саржевом переплетении расположены более свободно, чем в полотняном (см. рис. 2). В пределах этого раппорта каждая основная нить перекрывается двумя уточными нитями сверху и одной — снизу или наоборот. Раппорт саржевого переплетения может быть с любым числом нитей больше трех. При таком переплетении на поверхности ткани возникают тонкие линии — диагонали, которые

в зависимости от раппорта могут иметь различный наклон. По данному типу переплетений, например, построена стандартная хлопчатобумажная ткань — фильтродиагональ и хлориновые фильтроткани 2088, 2089.

Атласное переплетение по сравнению с полотняным и саржевым отличается более высоким значением раппорта. В зависимости от расположения нитей при атласном переплетении величина раппорта изменяется от 5 до 20. При увеличенном раппорте фильтроткань становится более рыхлой, что дает возможность отдельным элементам ткани — нитям более свободно перемещаться. Ткани атласного строения обладают более высокими изгибающимися характеристиками, однако механическая прочность их невысокая. При фильтрации отмечается смещение нитей и ткань атласного строения приобретает неодинаковое гидравлическое сопротивление по отдельным участкам поверхности, что снижает задерживающую



Рис. 4. Общий вид фильтротканей с полотняным (а), саржевым (б) и атласным (в) переплетениями

способность фильтроткани. На основе данного типа переплетений выпускаются технические ткани: фильтросванбой, молексин, доместик, кембрик и отдельные ткани из стекловолокна. Эти типы тканей в связи с недостатком стандартных фильтротканей иногда применяют в качестве фильтрующих диафрагм, однако высоких технологических показателей фильтрации на них достичь невозможно.

Из рассмотренных трех типов переплетений (рис. 4а, б, в) фильтротканей (полотняного, саржевого и атласного) для фильтрации рудных пульп лучше всего подходят фильтроткани полотняного и саржевого переплетения как наиболее простые, достаточно прочные и плотные. По этому типу переплетений построены фильтровальные ткани: фильтродиагональ, фильтромиткаль, фильтробельтинг, бязь, бельтинг и др. Эти типы переплетений можно рекомендовать для изготовления фильтротканей из синтетических волокон, однако промышленными испытаниями следует окончательно установить, какой из двух типов переплетений является для синтетических фильтротканей наиболее эффективным.

3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ ТКАНЕЙ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

До последних лет основным сырьем, из которого изготавливались фильтровальные ткани, были различные волокна растительного (хлопок, лен, пенька, джут) или животного (шерсть, натуральный шелк) происхождения. Из них наиболее широкое распространение получили хлопчатобумажные фильтроткани типа фильтродиагональ, фильтробельтинг, фильтромиткаль, фильтросванбой. Шерстяные и шелковые фильтроткани в связи с их дороговизной и ограниченностью выпуска большого распространения не получили.

Невысокая стоимость, широкая доступность позволили хлопчатобумажным фильтротканям найти значительное распространение при фильтрации нейтральных, слабощелочных и слабокислых водных пульп. Однако следует отметить, что эти ткани даже при фильтрации нейтральных пульп выходят из строя с небольшим сроком службы, особенно при наличии в фильтруемом растворе различных химических веществ (флотационных реагентов), которые легко вступают во взаимодействие с волокном и разрушают его. При фильтрации сильнощелочных или кислых пульп срок службы хлопчатобумажных тканей еще более снижается.

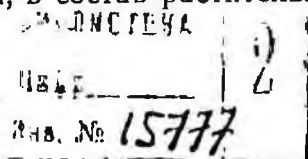
По данным акад. П. П. Шорыгина, растительные волокна, в том числе и хлопчатобумажные, состоят в основном из целлюлозы (табл. 2).

Таблица 2

Примерный химический состав волокон различных растительных веществ

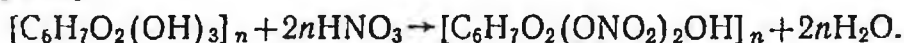
Составные части	Содержание в % к сухому весу			
	хлопок	лен	джут	абакки
Целлюлоза	96,0	80,5	71,5	70,4
Пентазоны и пектиновые вещества	1,5	8,4	27,3	22,4
Лигнин	—	5,2	—	5,7
Азот и белковые вещества	0,3	2,1	Не определено	Не определено
Жиры и воска	1,0	2,7	0,4	0,2
Другие вещества	1,2	1,1	0,8	1,3
Итого	100	100	100	100

Целлюлоза — это основа растительных клеток, в том числе и растительных волокон. Поэтому основные свойства целлюлозы почти полностью отвечают свойствам натуральных растительных волокон. Кроме целлюлозы, в состав растительных волокон входят



пектиновые вещества, которые склеивают различные элементарные волокна между собой. Жесткость и предохранение целлюлозы от окисления достигается за счет лигнина. Состав лигнина пока еще точно не установлен, считают, что это высокомолекулярное соединение с большим содержанием углерода. Целлюлоза в качестве исходного сырья употребляется для различных искусственных волокон, типа вискозного или ацетатного шелка и др. Она представляет собой высокомолекулярное соединение, имеющее линейное строение, состоящее из большого количества глюкозных звеньев ($C_6H_{12}O_6$), лишенных воды. Ее формулу сокращенно можно выразить в виде $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Акад. В. А. Каргиным, проф. В. Л. Карповым, проф. Н. В. Михайловым с помощью рентгенограмм и электронограмм установлено, что целлюлоза в равновесном состоянии имеет аморфное строение. Она легко поглощает пары и газы и при температуре $125-130^\circ C$ в течение нескольких часов почти не меняет своих свойств. При дальнейшем увеличении температуры целлюлоза постепенно начинает разрушаться и при температуре $180^\circ C$ происходит уже распадение молекул. Целлюлоза почти не растворяется в воде и во всех органических растворителях — ацетоне, бензоле, спирте, хлороформе, эфире и др. Под действием минеральных кислот (соляной, серной и др.) целлюлоза гидролизуется. При этом кислота не участвует в процессе гидролиза, а служит как бы катализатором. При взаимодействии целлюлозы с кислотой в зависимости от условий могут образовываться всевозможные эфиры, например



Конечным продуктом гидролиза является глюкоза.

Совершенно по-иному ведет себя целлюлоза в щелочных растворах. Едкий натрий и калий почти не разрушают ее. Но все же волокна целлюлозы с увеличением концентрации щелочи сильно набухают. При концентрации щелочи свыше 10% образуется щелочная целлюлоза, химическое соединение которой точно не установлено. Полагают, что реакция идет с одним из трех имеющихся в молекуле гидроксильных,



Это соединение неустойчиво и может быстро разлагаться водой, а затем снова восстанавливаться до целлюлозы. Щелочная целлюлоза мало отличается от исходной, она только более легко вступает в реакцию.

В настоящее время для фильтрации рудных пульп, согласно техническим условиям и стандартам, изготавливаются несколько типов хлопчатобумажных фильтровальных тканей, характеристика которых приведена в табл. 3. Эти фильтроткани в основном предназначены для фильтрации неколлоидных нейтральных или слабощелочных рудных пульп. Они применяются на фильтрах различ-

Таблица 3

Основная характеристика хлопчатобумажных фильтротканей

Арти- кул	Шири- на тка- ни, см	Вес 1 м ² тканн, г	Переплетение	Номер и сорт пряжи		Число нитей на 10 см		Прочность полоски тканн 50×200 мм, кг		Удлинение при разрыве, %	
				основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
<i>Фильтродиагональ (ГОСТ 504—41)</i>											
2072	86,5	590	Саржевое	20/3	20/3	220	110	200	100	34	10
2073	97,5	590	Саржевое	20,3	20,3	220	110	200	100	34	10
2074	100	590	Саржевое	20/3	20,3	220	110	200	100	34	10
2075	105	590	Саржевое	20/3	20,3	220	110	200	100	34	10
<i>Фильтромиткаль (ГОСТ 487—41)</i>											
2076	84,5	500	Плотняное	20/3	20,3	178	110	135	100	37	10
2077	100	500	Плотняное	20/3	20,3	178	110	135	100	37	10
2078	105	500	Плотняное	20/3	20,3	178	110	135	100	37	10
2092	70	500	Плотняное	20,3	20,3	178	110	135	100	37	10
2093	80	500	Плотняное	20/3	20,3	178	110	135	100	37	10
2094	92	500	Плотняное	20/3	20,3	178	110	135	100	37	10
<i>Фильтробельтинг (ГОСТ 338—41)</i>											
2029	84,5	950	Плотняное	12/6	12/6	98	58	285	170	42	10
2030	100	950	Плотняное	12/6	12/6	98	58	285	170	42	10
2031	110	950	Плотняное	12,6	12,6	98	58	285	170	42	10
2098	118	950	Плотняное	12,6	12,6	98	58	285	170	42	10
2099	128	950	Плотняное	12/6	12/6	98	58	285	170	42	10
2141	80	800	Плотняное	12/11	12/14	86	49	285	170	42	10
2142	112	800	Плотняное	12,11	12/14	86	49	285	170	42	10
2143	128	800	Плотняное	12/11	12/14	86	49	285	170	42	10
<i>Фильтросванбой</i>											
2079	90	455	Четырехре- мизный сат- тин, двух- слойный	40/2	12	178	110	135	100	40	10
2080	107	455	по утку	40/2	12	178	110	135	100	40	10
<i>Бельтинг</i>											
2006	70	820	Плотняное	12/6	12/5	100	48	285	170	42	10
2007	75	820	Плотняное	12,6	12,5	100	48	285	170	42	10
2008	80	820	Плотняное	12/6	12,5	100	48	285	170	42	10
2009	85	820	Плотняное	12,6	12/5	100	48	285	170	42	10
2010	90	820	Плотняное	12/6	12/5	100	48	285	170	42	10
2012	100	820	Плотняное	12,6	12/5	100	48	285	170	42	10
2013	105	820	Плотняное	12,6	12/5	100	48	285	170	42	10
2014	110	820	Плотняное	12/6	12/5	100	48	285	170	42	10
2015	120	820	Плотняное	12,6	12/5	100	48	285	170	42	10
2017	125	820	Плотняное	12,6	12/5	100	48	285	170	42	10
2018	135	820	Плотняное	12,6	12/5	100	48	285	170	42	10
2019	136	820	Плотняное	12,6	12/5	100	48	285	170	42	10
2020	145	820	Плотняное	12,6	12/5	100	48	285	170	42	10

Арти- кул	Шири- на тка- ни, см	Вес 1 м ² ткани, г	Переплетение	Номер и сорт пряжи		Число нитей на 10 см		Прочность полоски ткани 50×200 мм, кг		Удлинение при разрыве, %	
				основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток

Холст фильтровальный

819	72	356	Плотняное	34/2	34/2	207	160	80	60	—	—
850	81	356	Уточно-на- стилочное	40	14	210	390	34	146	14	12
851	80	356	Плотняное	40	14	210	390	34	146	14	12
852	90	356	Плотняное	40	14	210	390	34	146	14	12
853	85	356	Плотняное	40	14	210	390	34	146	14	12
856	107	356	Плотняное	40	14	210	390	34	146	14	12

Чефер

2082	107	500	Плотняное	17/4	17/4	92	90	—	—	—	—
2090	125	500	Плотняное	17/4	17/4	92	90	—	—	—	—
2091	95	500	Плотняное	17/4	17/4	92	90	—	—	—	—
2083	146	500	Плотняное	17/4	17/4	92	90	—	—	—	—
2085	150	500	Плотняное	17/4	17/4	92	90	—	—	—	—

ных видов при отделении жидкой фазы пульпы от твердой при давлении на фильтре от 0 до 10 атм с вакуумом до 700 мм рт. ст. и температурой не выше 90° С.

Поверхность хлопчатобумажных фильтротканей с целью улучшения качества фильтрации готовится ворсистой, что позволяет значительно больше задерживать тонкодисперсные частицы, и, следовательно, получить более чистый фильтрат. Иногда ввиду недостатка стандартных хлопчатобумажных фильтротканей в промышленных условиях используют в качестве заменителя легкие ткани типа технической бязи, чефера, миткаля и др. Такие ткани обычно имеют малый срок службы и дают фильтрат с большим содержанием твердых частиц. При экипировке фильтров подобными тканями необходимо подкладочное основание из какой-либо грубой ткани, например мешковины, парусины и др.

В качестве подкладочного основания используют из хлопчатобумажных тканей мешочную ткань артикулов 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963 (табл. 4), имеющую незначительную плотность и очень малое гидравлическое сопротивление. Тонкая ткань, уложенная поверх основания, повышает качество фильтрата и срок службы фильтроткани. При этом подкладочное основание выдерживает до его полного износа двух- или трехкратную замену тонкой фильтроткани. Степень засорения подкладочного основания небольшая.

Различные типы стандартных фильтротканей в процессе фильтрации ведут себя по-разному. Фильтрационные способности хлопчатобумажных фильтротканей обстоятельно исследованы

проф. И. К. Скобеевым [58]. В последнее время проф. И. К. Скобеевым и доц. А. В. Виноградовой [12] были дополнительно проведены большие лабораторные и промышленные испытания серийно выпускаемых сортов стандартных фильтровальных тканей: фильтродиагонали и легких нестандартных тканей типа бязи.

В результате проведенных промышленных испытаний [12] на барабанном вакуум-фильтре при фильтрации кварцевоглинистой пульпы со степенью измельчения $-0,074$ мм в пределах 96—98% установлено, что все типы хлопчатобумажных фильтротканей имеют совершенно различный срок службы, производительность и качество фильтрата. Тонкая ткань типа суровой бязи в период испытаний давала производительность примерно на 20—30% выше, чем стандартные ткани, но содержание твердой фазы в фильтрате

Таблица 4

Основные характеристики подкладочных фильтротканей полотняного переплетения (ГОСТ 30096—46)

Артикул	Ширина ткани, см	Вес 1 м ² ткани, г	Номер пряжи		Число нитей на 50 мм		Прочность полоски ткани 50×200 мм, кг	
			основа	уток	основа	уток	основа	уток
957	110	400	7,5	2,5	42	36	56	62
958	110	320	5,0	5,0	37	36	60	60
959	110	305	7,5	5	47	38	60	55
960	130	300	7,5	5	42	43	58	68
961	110	300	7,5	5	42	43	58	68
962	110	344	6	5	47	43	81	68
963	130	350	6	3,5	42	35	50	65

было значительно больше. При экипировке фильтра двойным слоем бязи качество фильтрации несколько улучшилось. Наиболее высокие показатели по содержанию твердого в фильтрате дает хлопчатобумажная ткань фильтродиагональ.

Такие фильтроткани, как фильтробельтинг, фильтромиткаль, бязь не имеют особых преимуществ перед фильтродиагональю, и их применение в основном связано с недостатком фильтродиагонали.

Хлопчатобумажные фильтроткани быстро засоряются и истираются, что приводит к значительному снижению производительности фильтровальных установок, снижению качества фильтрата и частым остановкам фильтров для переэкипировки ткани. Так, например, на золотоизвлекательных фабриках индукционный период хлопчатобумажных фильтротканей, т. е. период, когда ткань почти не снижает своей фильтрующей способности, составляет в зависимости от физико-химического состава пульп в среднем 10—15 суток, затем происходит быстрое засорение ткани и ее филь-

трующая способность и производительность фильтра заметно уменьшаются. Обычно общий срок службы хлопчатобумажных тканей не превышает 25—30 суток, дальнейшая работа фильтра без замены фильтроткани нежелательна, так как производительность фильтра падает почти до нуля и соответственно резко снижается качество фильтра и степень отмывки ценного компонента.

Для увеличения производительности фильтровальных отделений и повышения других технологических показателей фильтрации необходимо подобрать более совершенные фильтровальные ткани.

4. СИНТЕТИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРОТКАНИ

Синтетические фильтроткани должны дать большие возможности для повышения технологических показателей фильтрации рудных пульп. В последнее время в связи с бурным развитием химической промышленности получено значительное многообразие синтетических волокон из различного типа высокомолекулярных соединений с самыми разнообразными физико-химическими свойствами. Изготовление этих волокон будет возрастать с каждым годом (табл. 5).

Таблица 5

Рост производства текстильного сырья и изделий

Материал	1960 г.	1965 г.	1970 г.
Хлопок сырец, млн. т	4,3	5,0	5,6—6,0
Шерсть, тыс. т	357	361	370
Искусственное и синтетическое во- локно, тыс. т	211	407	780—830
Ткани всех видов, млрд. м ²	6,6	7,5	9,5—9,8

В промышленности уже известно несколько десятков синтетических тканей, производство которых налажено или полностью освоено в лабораторных условиях и планируется в ближайшее время к серийному выпуску. Применительно к фильтрации рудных пульп для изготовления фильтротканей из синтетических волокон можно использовать поливинилхлоридные, полиамидные, полиэфирные, полнакрилонитриловые, фторлоновые, полиолефиновые волокна, которые по сравнению с хлопчатобумажными более устойчивы в агрессивных средах, почти не набухают в воде и имеют достаточно высокую механическую прочность. По физико-химическим свойствам синтетические волокна значительно превосходят такие натуральные волокна, как шерсть, хлопок, лен, пенька, джут и др.

Для изготовления синтетических волокон обычно исходный полимерный материал берется в растворенном или расплавленном

состоянии. Плавление полимеров производят при температуре 180—280° С в среде инертного газа. Растворы или расплавы с помощью насосов под давлением до 60 атм и выше проталкивают через специальное устройство — фильеру, имеющее форму небольшого колпачка с большим количеством капиллярных отверстий диаметром 0,04—0,06 мм. Полученные в виде тонких струек прядильные растворы или расплавы при выходе из фильеры затвердевают и образуют нити, которые затем вытягиваются и подвергаются кручению. Степень вытяжки иногда достигает порядка 11—15 раз. При этом происходит выпрямление молекул, т. е. молекулам волокна придается определенная ориентация, которые в процессе вытяжки располагаются вдоль оси, придавая нити большую прочность и эластичность. Обработанные таким образом нити наматываются на специальные бобины и служат для изготовления необходимого типа ткани.

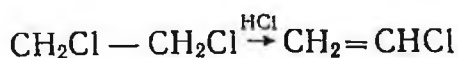
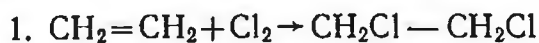
Синтетические полимеры для изготовления волокон фильтроткани получают путем полимеризации или поликонденсации различных химических соединений, основным сырьем для которых служат этилен, бензол, фенол, пропилен и некоторые другие вещества, вырабатываемые из нефти, каменноугольной смолы, природных и нефтяных газов.

В зависимости от диаметра нити, степени крутки, химического состава полимерного волокна можно изготовить любые типы фильтротканей, отвечающие определенным требованиям процесса фильтрации рудных пульп.

С целью установления области применения и выбора типов синтетических фильтротканей для конкретных условий технологии фильтрации остановимся на основных механических и физико-химических свойствах волокон этих тканей и приведем краткие примеры использования синтетических фильтротканей в процессах промышленной фильтрации.

Поливинилхлоридные (хлориновые) фильтроткани

Эта группа фильтротканей в настоящее время вырабатывается в большом количестве. Основным сырьем для производства поливинилхлоридного волокна является ацетилен и хлористый водород или хлор и этилен, при взаимодействии которых в определенных условиях образуется винилхлорид по следующим реакциям:



Полученный винилхлорид в результате полимеризации образует поливинилхлорид ($\text{CH}_2=\text{CHCl}$), который путем дополнительного

хлорирования переходит в растворимую форму в виде поливинилхлоридной смолы, известной под названием хлорин. Степень полимеризации молекулы полимера поливинилхлорида колеблется в пределах 250—300 [14].

Для получения прядельного раствора хлориновая смола растворяется в ацетоне. Непосредственное получение прядельного раствора из хлориновой смолы невозможно, так как температура плавления смолы ниже температуры ее разложения. После растворения хлориновый раствор продавливается через фильеру, при этом летучий растворитель (ацетон) испаряется путем продувания тонких струй горячим воздухом, а оставшийся полимер застывает и образует хлориновые нити, из которых вырабатывают специальное хлориновое волокно.

Получено большое количество разнообразных производных поливинилхлоридных волокон на базе винилиденхлорида ($\text{CH}_2=\text{CHCl}_2$), акрилонитрила ($\text{CH}_2=\text{CHCN}$), сополимера хлористого винила и хлористого винилидена (CHCl_2) и др. Эти соединения в результате полимеризации переводятся в соответствующие смолы, служащие для получения самых разнообразных хлориновых волокон.

Ткани этой группы волокон получили разное название: хлориновые, ацетохлориновые, винитроновые (СССР), ПЦ (ГДР), ровиль (ФРГ), мовиль (Италия), саран, веньон, бексан, попит, пермалон (США), ровиль, термовиль (Франция).

В СССР для процесса фильтрации рудных пульп разработано и серийно выпускается промышленностью три вида хлориновой ткани с саржевым переплетением арт. 2089, 2088 и арт. 300, по типу хлопчатобумажных тканей фильтродиагональ. Основные характеристики этих тканей приведены в табл. 6. В этой же таблице приведены фильтроткани других артикулов 4241, 4244, 4245, 4259, 5126, 5149, разработанные для фильтрации различных категорий сильноагрессивных органических и неорганических химических продуктов и красителей.

Хлориновые фильтроткани получили широкое распространение в химической технологии, особенно при фильтрации сильноокислых и сильнощелочных пульп с температурой не выше 60°C . Эти фильтроткани хорошо устойчивы к действию кислот и щелочей в присутствии различных окисляющих веществ и органических растворителей. Фильтроткани из ацетохлорина устойчивы против действия минеральных кислот, но разлагаются щелочами. Волокно из винитрона разрушается минеральными кислотами, но зато оно устойчиво к действию различных окислителей и органических растворителей. Ткани этой группы вполне устойчивы против различных микроорганизмов, обладают большой гидрофобностью и не набухают в воде.

Плотность ткани одинакова как в сухом состоянии, так и в мокром. Хлориновые ткани в сухом и влажном состояниях в течение длительного времени успешно выдерживают температуру

Таблица 6

Физико-механическая характеристика хлориновых фильтротканей

Артикул	Переплетение	Вес 1 м ² ткани, г	Толщина ткани, мм	Ширина ткани, см	Номер пряжи		Число нитей на 1 см		Прочность лоскут ткани 50x200 мм, кг		Удаление ткани, %	
					основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
2088	Саржевое	350	—	105	20/3	20/3	19	14	70	40	55	40
2089	Саржевое	500	—	105	20/3	20/3	28	90	120	45	55	40
300	Саржевое	210	370	103	30	30	320	240	71	63	40	40
4241	Сложное	531	—	94,8	20/3	20/3	212	104	134	65	—	—
4244	Саржевое	528	—	85,6	20/3	20/3	206	114	137,3	64	—	—
4245	Саржевое	527	—	90	20/3	20/3	206	114	136	64	—	—
4259	Сложное двухслойное	665	—	85	16/2	6	120	259	55,7	84,5	—	—
5149	Сложное	896	—	89	16/2	6	271	275	124	117	—	—
5126	Двухслойное по утку	580	—	90	Филаментная	Штапельный	126	250	60	145	—	—
28	Саржевое трехслойное по утку	1223	—	134	7/2	7/2	—	—	207	109	49	28
29	Сатиновое четырехремизное	590	332	—	16/2	7	—	—	83,5	25,7	30,5	64,0
39	Сукно-целочка	400	215	134,5	Прошивная	Филаментный № 20	—	—	22,3	17,5	33	46
3	Саржевое 2,2	407,6	65	89,5	20/2	14	—	—	109,7	53	83,6	46,1
5	Сатиновое, неправильное двухслойное по утку	603	184	85,5	Пряжа 20/2	Пряжа 16/2	—	—	78,6	79,0	35,4	43,0
19	Плотняное	933,3	176	140	20,3/3	20,3/3	—	—	162	118	57	30

+60°С без снижения прочности, что дает возможность проводить фильтрацию кислых и щелочных пульп в горячей среде, однако с повышением температуры свыше 70°С хлориновая ткань разлагается.

В нейтральных и слабощелочных пульпах эти ткани служат значительно меньше, чем хлопчатобумажные фильтроткани. Хлориновая ткань по сравнению с хлопчатобумажной имеет более гладкую поверхность, поэтому при одинаковых размерах пор в фильтрате содержится больше твердой взвеси. Из хлориновых волокон можно вырабатывать фильтровальные ткани различной толщины и пористости в зависимости от физико-химических свойств фильтруемого продукта. При засорении они легко промываются и регенерируются. Например, при фильтрации щелочных растворов и суспензий хлориновые фильтроткани свободно регенерируются минеральными кислотами, а при фильтрации кислых пульп — щелочью.

При фильтрации рудных пульп эти фильтроткани значительно уступают хлопчатобумажным, поскольку они мало устойчивы против истирания, легко перетираются под обмоточной проволокой на барабанных вакуум-фильтрах и быстро рвутся от съемных устройств на дисковых фильтрах.

Промышленные испытания хлориновой ткани ПЦ-130 показали, что производительность фильтра при фильтрации кварцевой пиритизированной руды увеличивается в 5—6 раз и выше [10]. Хлориновая ткань выходила из строя в течение 12—13 суток, в то время как хлопчатобумажная фильтроткань фильтродиагональ служила около 20 суток. Стоимость хлориновой ткани примерно в 1,5 раза выше, чем стоимость фильтродиагонали. Основным недостатком хлориновых тканей при фильтрации щелочных пульп является то, что они дают качество фильтрата хуже, чем хлопчатобумажные. Это объясняется недостаточной плотностью фильтротканей и значительным износом в процессе фильтрации ее волокон.

Однако совершенно другие результаты дают хлориновые фильтроткани при фильтрации сильноагрессивных суспензий на химических заводах. Институтом НИУИФ [33] в лабораторных условиях и в промышленности на ряде химических заводов при фильтрации большого количества разнообразных химических продуктов: экстракционной фосфорной кислоты, борной кислоты, кремнефтористого натрия, бикарбоната натрия, сульфата бария и других установлена большая химическая стойкость хлориновых фильтротканей арт. 2088, 2089 и 300 в среде минеральных кислот при температуре не выше 65—70°С. Длительное воздействие высокой температуры почти не оказывает влияния на прочность хлориновой фильтроткани.

В настоящее время имеется достаточный опыт применения хлориновых фильтротканей в кислых и агрессивных средах. На Клинском комбинате искусственного и синтетического волокна,

Ленинградском заводе искусственного волокна и других взамен хлопчатобумажных фильтротканей прошла успешное испытание фильтроткань арт. 5126. Для фильтрации культуральной жидкости на фармацевтических заводах по производству биомицина хорошие показатели по сравнению с хлопчатобумажными тканями показала ткань арт. 4259.

В последние годы Всесоюзным институтом нетканых материалов разработано несколько новых образцов хлориновых фильтрующих диафрагм: № 28, 29, 39 для фильтрации вязкозных растворов, № 5 — для агрессивного воздуха, № 19 — для парафинового дистиллята и других химических продуктов. Так, при применении на Балаховском химическом комбинате искусственного волокна трехслойной хлориновой ткани образца № 28 вместо ворсистого хлопчатобумажного холста увеличилась скорость фильтрации вязкозного раствора в 4—5 раз с повышением срока эксплуатации ткани в 6—7 раз. При фильтрации вязкозных растворов также показала хорошие результаты нетканая хлориновая диафрагма № 39, вырабатываемая на вязальнопрошивочном агрегате А4В-1. При работе этой ткани резко увеличилась: скорость фильтрации, чистота фильтрата и срок службы фильтрующей диафрагмы. Высокие показатели были получены на хлориновой ткани № 5 при очистке шахтного воздуха от рудничной пыли на руднике имени XX Партсъезда (Кривой Рог).

Для фильтрации электролитических растворов марганца и парафинового дистиллята на нефтеперерабатывающих заводах успешно применяется вместо хлопчатобумажного бельтинга хлориновый бельтинг № 19. Хлориновая фильтроткань № 3 рекомендуется для фильтрации концентрированных кислот и щелочей.

На основании вышеизложенного считаем, что применение хлориновых фильтротканей целесообразно для фильтрации слабощелочных, слабокислых и нейтральных рудных пульп. Для сильнокислых и сильнощелочных рудных пульп эти ткани могут найти применение лишь на ленточных вакуум-фильтрах, фильтрпрессах, нутч-фильтрах и, особенно, на фильтрах-сгустителях, где фильтрующая поверхность представлена в виде патрона, погруженного в фильтруемую среду. На этих аппаратах фильтроткань мало подвергается механическому истиранию.

Наряду с изготовлением фильтротканей из 100% хлорина Центральным научно-исследовательским институтом хлопчатобумажной промышленности (ЦНИХБИ) разработано несколько новых сортов фильтротканей из смеси хлоринового волокна и хлопка (табл. 7). Эти фильтроткани, обладая повышенной химической стойкостью, имеют по сравнению с 100% хлориновыми фильтротканями более высокие прочностные характеристики и несколько меньшую стойкость. Они разработаны специально для фильтрации чистых химических продуктов и агрессивных газов. При фильтрации рудных пульп применение этих комбинированных тканей мало-

Таблица 7

Физико-механическая характеристика хлорино-хлопковых фильтротканей

Арти- кул	Ширина ткани, с.м	Толщина ткани, м.м	Вес 1 м ² ткани, г	Номер пряжи		Число нитей на 10 с.м		Число кру- чений на 1 м		Прочность полоски ткани 50X X200 м.м, кг	
				основа	уток	ос- нова	уток	ос- нова	уток	ос- нова	уток
5130	100	1,55	670	70% хлопка+30% хлорина 16/2	16,3	218	199	436	436	105	130
5132	100	1,75	680	70% хлопка+30% хлорина 16/2	16,3	221	197	436	436	100	128
5139	100	1,70	730	Две нити хлорина и одна нить хлоп- ка 16/3	Хлорин Хлорин 6	175	190	436	412	165	104
5146	100	1,57	631	20/2	Хлорин 6	216	216	412	412	—	—
5142	100	2,06	736	Хлопок 16/3	Хлорин 6	186	192	393	412	151	108
5126	86	—	665	70% хлопка+30% 16/2	Хлорин 6	119	204	—	—	107	117

эффективно и представляет интерес лишь в случае наличия кислой и агрессивной среды, так как механическая прочность их выше, чем тканей из 100% хлорина и, кроме того, они по стоимости ниже.

Полиамидные фильтроткани

Для фильтрации щелочных рудных пульп из синтетических фильтровальных тканей наибольший интерес представляют полиамидные ткани. Существует около 20 видов полиамидных волокон, выпускаемых в каждой стране под разным названием, например, волокна из капролактама — капрон (СССР), силон (ЧССР), нейлон (США), перлон (ФРГ), стилон (ПНР), дедерон (ГДР); волокна, полученные поликонденсацией гексаметилендиамина и адипиновой кислоты, — амид (СССР), нейлон 66 (Англия, США, Италия и др.), ниплон (Япония); волокна, полученные из полиамидной смолы на основе амидоэнантовой кислоты, — энант (СССР); волокна, полученные на основе аминокундекановой кислоты, — удекан (СССР), ральсан (Франция), нейлон 11 (США) и др.

Из всей группы полиамидных волокон в СССР широкое распространение получил капрон, в США — нейлон 66, которые составляют в этих странах примерно 95—97% всех изготавливаемых полиамидных волокон. Для полиамидных волокон характерно то, что в их макромолекулах метиленовые группы (CH₂) равномерно распределяются с амидокислотными (CO—NH). Наличие амидной группы в макромолекуле послужило названием полиамидных волокон.

Основным сырьем для получения полиамидных волокон является полиамидная смола — капролактам, получаемая из фенола, бензола, природных и коксовых газов нефтяных углеводородов [38]. В промышленности для производства капролактама в основном используют фенол, который в присутствии катализатора под давлением превращается в циклогексанол. Последний в определенных условиях окисляется и переходит в циклогексанон. В присутствии гидроксиламина циклогексанон превращается в оксим-циклогексанон, который при взаимодействии с крепкой соляной кислотой образует капролактам $(\text{NH}(\text{CH}_2)_5\text{CO})$. Полученный капролактам поступает на специальный полимеризационный аппарат, работающий под высоким давлением при температуре $250\text{--}270^\circ\text{C}$, куда одновременно добавляют органические кислоты (азетиновая или уксусная) в качестве катализатора. При этом происходит полимеризация и капролактама превращается в полиамидную смолу — поликапролактама $(\text{NH}(\text{CH}_2)_5\text{CO})_n$, степень полимеризации достигает порядка $100\text{--}150$.

В процессе полимеризации получается равновесная смесь, состоящая из 90% полимера и 10% низменного мономера, с уменьшением мономера значительно улучшается свойство полученного полимера. Для уменьшения количества мономера часто добавляют стабилизаторы, как регуляторы определенных длин цепей полимерных молекул. В качестве стабилизатора используют уксусную кислоту или другую какую-либо кислоту из низкомолекулярных органических кислот. Расплавленная полиамидная смола проталкивается через фильеру и в зависимости от необходимых требований может образовывать нить разных номеров. Для изготовления фильтровальных тканей можно использовать капроновые нити с номерами от 20 до 300.

Полиамидные волокна по сравнению с натуральными отличаются высокой прочностью, эластичностью и выдерживают большие механические нагрузки на растяжение и истирание. Разрывное усилие полиамидных волокон достигает 75 кг/мм^2 и выше, в зависимости от сорта нити используемого волокна, в то время как хлопчатобумажных — всего лишь $30\text{--}35\text{ кг/мм}^2$. Полиамидные волокна имеют малый коэффициент трения, невысокую гигроскопичность и большую устойчивость к многократным деформациям и изгибам. В мокром состоянии они сильно вытягиваются с небольшой потерей прочности (до 10%).

Волокна этой группы весьма устойчивы против действия щелочей, микроорганизмов. Однако они разрушаются в растворах азотной кислоты, перекиси водорода, перманганата калия, сильных минеральных и органических кислот, особенно при концентрациях свыше 6% . Фильтрация таких растворов в процессе обогащения и гидрометаллургии встречается очень редко.

Полиамидные ткани имеют небольшую плотность ($1,14\text{ г/см}^3$) и очень гладкую поверхность. Термостойкость полиамидных волокон под нагрузкой достаточно высокая и составляет

для капрона 50°С, а для нейлона 65°С. При увеличении температуры до 140°С прочность волокна снижается на 60—70%, при повышенной температуре, особенно в присутствии кислорода, амидные группы окисляются, что приводит к разрушению волокна.

В процессе обогащения мы имеем дело с щелочными пульпами температурой 10—30°С. Эти условия при фильтрации рудных пульп очень благоприятны для применения полиамидных тканей, тем более, что обычно применяемые в процессе обогащения реагенты (ксантогенаты, дитиофосфаты, масла, соли и др.) не влияют на прочность тканей.

В табл. 8 приведены фильтроткани нескольких артикулов, которые разработаны Всесоюзным научно-исследовательским институтом по переработке химических волокон (ВНИИПХВ) применительно к условиям фильтрации агрессивных продуктов на химических заводах. Однако некоторые из этих тканей представляют интерес для горнорудной промышленности.

Большинство приведенных фильтротканей уже внедрено на многих химических заводах с большим экономическим эффектом. Фильтроткани из монокапронового волокна арт. 23192, 22302 также применяют вместо металлических сеток при фильтрации солей на калийных обогатительных фабриках (Солигорский калийный комбинат, Березниковский калийный комбинат и др.). Применительно к фильтрации железных концентратов крупностью — 0,074 мм в пределах 70—80% хорошие результаты получены на фильтротканях арт. 22353, 22344. Фильтроткань арт. 23954 успешно применяется при фильтрации химических растворов при производстве хлора и каустической соды на Стерлитамакском химическом комбинате. Для фильтрации гидрометаллургических растворов трисульфида молибдена разработана фильтроткань арт. 23094, а для хромпиковых пульп химических заводов — фильтроткань арт. 22338. К условиям фильтрации мелкозернистых и тонкодисперсных агрессивных продуктов предложены фильтроткани арт. 23147, 23058, 22208, 22338.

В качестве подкладочных тканей вместо мешковины при фильтрации химических продуктов применяют капроновые сетки арт. 21934-а, 22200, 22583/3, 23038.

Промышленное внедрение синтетических фильтротканей при фильтрации рудных пульп и горно-химического сырья, несомненно, позволит улучшить технологические показатели переработки, снизить расход ткани и себестоимость передела. Рассмотренные фильтроткани, несмотря на их перспективность при фильтрации рудных пульп, в связи с отсутствием достаточно полных рекомендаций, вскрывающих технологические и экономические показатели работы этих тканей, еще не нашли применения в горнорудной промышленности.

Учитывая высокую прочность и перспективы изготовления этих тканей, они, по-видимому, должны занять основное положение при фильтрации щелочных, нейтральных и слабокислых рудных пульп.

Однако область применения полиамидных (капроновых) фильтротканей и их технологические показатели при фильтрации рудных пульп полностью не выяснены и требуют исследований.

Полиэфирные фильтроткани

Наряду с поливинилхлоридными и полиамидными волокнами, полиэфирные волокна также представляют большой интерес для изготовления фильтротканей. Для получения полиэфирных волокон служат полиэфирные синтетические смолы, вырабатываемые из диметилтерефталата (ДМТ) и этиленгликоля (двухатомных спиртов вида $\text{HO}-\text{R}-\text{OH}$).

Исходным сырьем для ДМТ является продукт коксохимического производства, а этиленгликоль получают прямым окислением этилена кислородом воздуха или частично кислородом в присутствии катализатора; в процессе этерификации образуется новый продукт — диэтилентерефталат, который при поликонденсации переходит в полиамидную смолу — полиэтилентерефталат. Это высокомолекулярное вещество. Отдельные звенья молекул здесь связаны между собой сложными эфирными группами. Процесс идет при высокой температуре порядка $270-280^\circ\text{C}$ под вакуумом в автоклавах [38]. Полиэфирная смола выдавливается из вакуумного автоклава, после остывания разрезается на кусочки и просушивается. Для получения полиамидных нитей эти кусочки в расплавленном состоянии пропускаются через фильеру.

Полиэфирной группе волокон свойственна очень высокая механическая прочность и химическая стойкость. Она выгодно отличается от всех других волокон своей устойчивостью к действию температур и может работать при температуре до 175°C , при понижении температуры до 50°C прочность волокон еще более увеличивается, примерно на 30—40%.

Полиэфирные волокна называют по-разному: лавсан (СССР), терилен (Англия), ланон (ГДР), тергаль (Франция), диолен (ФРГ), дакрон, викрон, кодель, фортрел (США), териталь (Италия), терленка (Голландия). Несмотря на разнообразие названий основные физико-химические свойства полиэфирных волокон одинаковы.

Полиэфирное волокно — лавсан обладает более высоким модулем упругости, чем полиамидное (капроновое) волокно. В связи с малой гигроскопичностью оно почти не набухает в воде, обладает высокой устойчивостью против действия различных окислителей: перекиси водорода, бихромата калия, гипохлорита натрия и др. Ацетон, хлороформ, бензол, четыреххлористый углерод почти не действуют на волокно. Лавсановое волокно хорошо устойчиво к действию минеральных кислот, таких, как соляная, серная, азотная, хромовая, фосфорная. Органические вещества и микроорганизмы не действуют на лавсановое волокно. Полиэфирные лавсановые волокна по своим физико-механическим свойствам

Физико-механическая характеристика капроновых фильтротканей

Арти-кул	Переплетение ткани	Вес 1 м ² ткани, г	Толщина ткани, мм	Ширина ткани, см	Номер пряжи		Число нитей на 1 см		Прочность по-доски ткани 50x200 мм, кг		Удлинение при разрыве, %	
					основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
22353	Саржевое 2/2	555	830	86	34,8	34,8	12	10	810	716	35	47
22344	Саржевое 1/5	685	1840	109	34/4	22/2	26	18+18	886	369	51	60
23058	Саржевое 2/1	133	240	101	300/3	300/3	32(2/1)	31	129	110	47	44
22338	Саржевое 2/2	433	720	90	34/4	34/4	22	11	774	475	45	39
1538	Саржевое 3/3	150	280	91	200/2	200/2	73	54	160	95	25	26
22208	Саржевое 2/1	103	220	101	300	300/5	32	26	113	94	43	45
1516	Саржевое	47	—	89	200	200	44	42	41	38	—	—
1520	То же	117	—	86	64	64	33	32	95	95	—	—
1525	•	162	—	85,6	34	34	24	24	230	249	—	—
21452	•	150	220	87,9	200/2	200/2	78	52	175	129	—	—
21478	•	162	220	85	200	200/2	84	57	—	—	—	—
21626	•	279	—	94,5	34/2	34/2	26	24	—	—	—	—
21689	•	165	—	115	34	34	32	12	243	245	—	—
1545	Плотняное	250	450	88	34	34	27 (2/1)	18	460	145	30	23
23094	То же	275	565	121	34	22/2	25 (2/1)	16	422	110	46	50
1545	•	250	—	88,9	34	34	24	17	445	173	—	—
21612	•	213	—	85,6	34	34/2	28	18	445	173	—	—
22203	Саржевое 1/2	409	740	98,0	34/2 скру- чена с пря- жей 22/2	34/2 скру- чена с пря- жей 22/2	21	14	480	292	50	38

3	1544	Плотняное	94	220	90	64+хлопча- тобумажная пряжа 134/2	64+хлопча- тобумажная пряжа 134/1	30	30	84	62	35	40
А. И. Рафленко	1540	То же	250	560	9	34/2+хлоп- чатобумаж- ная пряжа 40/2	34/2+хлоп- чатобумаж- ная пряжа 40/2	10+11	13	190	260	30	30
	22014/ 1	•	93	185	93	200+вискоз- ный шелк 150	64+вискоз- ный шелк 150	21	20	77,3	76,9	26,2	28,5
	220 10/1	•	94,1	270	92,5	64+вискоз- ный шелк 150	64+вискоз- ный шелк 150	18	18	74	69	33	41
	23037	Просвечивающее	117	420	90	34	34	21	20	165	161	23	23
	23079	То же	580	1230	83	34/3	34/3	12	9	301	605	41	51
	23025	•	970	365	85	34/6	34/6	10	10	509	484	33	36
	23112	Саржевое 2,2	280	870	110	Монокапрон Ø=0,25	Монокапрон Ø=0,25	41	10	295	80	40	35
	22302	Саржевое 2/2	150	330	106	Ø=0,25	Ø=0,25	64	22	167	126	26	26
	21667	Обратное саржевое	450	—	1160	Ø=0,3	Ø=0,3	30	10	320	110	50	45
	21667	Саржевое	294	—	98	Монокапрон № 17	Монокапрон № 17	32	12	181	80	—	—
	22366	Сложное	109	—	207	Монокапрон № 36+ капрон	Монокапрон № 36	52	17	211	60	—	—
	23254	Саржевое 2/2	254	585	94,5	Ø=0,13	Пряжа № 22/2	68	13	224,6	127,6	46	57
	21934-а	Плотняное	205	665	110	Ø=0,03	Ø=0,03	16	5	222	79	33	33,0
	22200	Просвечивающее	94	340	93	300,3	300/3	46	43	102	98	41	38
	21585/ 3	То же	45	240	96	600/4	600/4	32	27	35	35	30	30
	23038	•	23	220	95	300	300	33	37	25	26	28	31

значительно превосходят хлопчатобумажные и шерстяные волокна, а также синтетические хлориновые, полиамидные и другие группы волокон. Полиэфирные фильтровальные ткани могут служить как для фильтрации кислых и щелочных рудных пульп и концентратов, так и для фильтрации различных химических продуктов, в том числе и при производстве органических веществ и красителей, где на процесс фильтрации поступают агрессивные суспензии с высокой температурой 100—150° С, т. е. в условиях, когда другие ткани оказываются совершенно не пригодными вследствие своей термопластичности и недостаточной устойчивости к химическим реактивам. Однако рациональные сорта фильтротканей из лавсановых волокон, отвечающих требованиям фильтрации рудных пульп, еще не установлены, хотя в настоящее время уже разработано несколько десятков фильтротканей из лавсановых волокон.

Краткие физико-механические характеристики наиболее приемлемых для фильтрации рудных пульп лавсановых фильтротканей, изготавливаемых в промышленном масштабе на шелковых комбинатах, приведены в табл. 9. В настоящее время эти ткани применяются на ряде химических предприятий для фильтрации концентрированных кислот и щелочей, а также органических продуктов и красителей. Так, фильтроткань арт. 1526 успешно применяется на Новомосковском химическом комбинате при фильтрации растворов сульфата аммония. Для фильтрации раствора капролактама на Черниговском заводе синтетического волокна внедрена лавсановая фильтроткань арт. 23376. Для условий фильтрации продуктов анилинокрасочной промышленности и красителей рекомендуется фильтроткань арт. 4264, которая прошла успешное испытание на Дербеневском химическом заводе. Фильтроткани арт. 3185, 3186, 23198 разработаны для фильтрации запыленных агрессивных газов с температурой от 0 до 90° С. Для фильтрации мелкозернистых химических суспензий применяются фильтроткани арт. 23147, 23150. Несомненно, лавсановые фильтроткани должны найти применение и при фильтрации продуктов обогащения руд цветных, редких и благородных металлов, а также горно-химического сырья и солей.

Полиакрилонитриловые фильтроткани

Для изготовления фильтровальных тканей из группы полиакрилонитриловых волокон можно использовать волокно нитрон и нитролон. Эти волокна называют орлоном, акриланом, зефраном, кресланом (США), преланом, паном, дралоном, резонем (ГДР), крилором (Франция), куртелем (Англия), нитрилоном (ЧССР) и др. В СССР разработано несколько разновидностей нитрона: нитрон А, нитрон В, нитрон М.

Полиакрилонитриловые волокна получают путем полимеризации акрилонитрила ($\text{CH}_2=\text{CHN}$), степень полимеризации примерно равна 2000. Исходным сырьем для акрилонитрила служит

Физико-механическая характеристика лавсановых фильтротканей

Артикул	Переплетение	Вес 1 м ² ткани, г	Толщина ткани, мм	Ширина на ткани, см	Номер пряжи		Число нитей на 1 см		Прочность по лоску ткани 50X200 мм, кг		Удлинение при разрыве %	
					основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
1586	Полотняное	320	590	95	34	34/2	20	12	300	85	24	15
23147	Саржевое 1/3	190	300	89	34	34	31	28	175	178	22	22
23156	Атласное 8/3	285	1830	86	34	14	27	29	143	174	16	34
23376	Саржевое 2/2	285	535	35,7	34	34/2	30	16	373	209	25	19
4263	Полотняное	315,8	99,2	99,2	12/6	12/6	100	48	587	311	—	—
4266	Саржевое	584	—	100	20,4/3	21/3	237	122	388	190	—	—
4267	Саржевое	520	—	100	20,7/3	20, 4/3	230	95	371	14,2	—	—
21537	Саржевое	489	—	86	40	40/2	94	16	—	—	—	—
21699a	Полотняное	178,6	—	93	40	40/2	25	19	—	—	—	—
23108	Двухслойное (полотняное + саржевое 2/2)	697	1260	88	34/4	34/2	23+6	10+10	744	256	24	25
4264	Полудувнитковое по основе	622	—	104	Филоментное	Штапельное	175	57	471	153	—	—
23185	Саржевое 1/2	377	1600	80	34	28/4	25	12	308	149	21	42
23136	Двухточное (атласное 8/3 + саржевое 1/3)	404	1910	30	34	28,2	26	15+15	300	148	19	45
23198	Саржевое 1/3	385	760	90	28/2	28/2	12	13	220	229	39	36

Основные характеристики нитроновых фильтровальных тканей

Артикул	Переплетение	Толщина ткани, мм	Вес 1 м ² ткани,	Номер пряжи		Число круче- ний на 1 м		Число нитей на 1 см		Прочность на разрыв в % от исходной		Воздухо- проницаемость ткани в д.м.м.сек
				основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток	
5190	Саржевое 2/2	1,57	456	10/2	5	200	192	11,5	81	77,0	51,0	196
Без по- мера	Саржевое 2/2	1,67	406	5	5	192	192	10,9	8,4	64,5	50,0	150
5194	Сатиновое 4-х ремизное	1,45	474	10,2	10,2	200	200	11,8	9,8	80,5	60,0	52
5194а	Сатиновое с начесом четы- рехремизное	1,47	456	10,2	10,2	200	200	10,7	9,9	70,7	63,5	46
5204	Саржевое 2/2	1,02	296	20/2	10	323	322	11,9	14,3	32,0	22,0	151
5203	Саржевое 2/2	1,2	368	20,2	5	322	192	11,8	11,6	66	11,1	—
5206	Сатиновое 4-х ремизное	1,09	310	20,2	10	322	322	11,9	16,4	62	76	—
5193	Сатиновое 4-х ремизное	1,5	481	10/2	4,6	200	192	11,6	5,2	—	—	—

ацетилен и синильная кислота. Для получения различных сополимеров акрилонитрила вместо ацетилена используют производные этилена — винилацетат, хлористый винил, стирол, изобутинал, эфиры акриновой кислоты, акриламид и др. [38].

Ценным свойством этой группы волокон является высокая их термостойкость. Волокна полиакрилонитриловой группы прекрасно выдерживают температуру до 180—200°С без изменения прочности, что особенно важно для некоторых отраслей промышленности, фильтрующих продукт с высокой температурой. Полиакрилонитриловые волокна растворяются в роданистых солях, хлористом цинке и некоторых других неорганических солях, но зато довольно устойчивы к различным окислителям. В присутствии концентрированных кислот и щелочей они быстро разлагаются, слабые растворы кислот и щелочей на прочность волокна не влияют. При механических изгибах эти ткани разрушаются, т. е. имеют повышенную хрупкость.

В процессах обогащения и гидрометаллургии применение нитроновых фильтротканей ввиду высокой стоимости и малой их прочности нецелесообразно. Однако в пирометаллургии при фильтрации раскаленных газов они оказались непревзойденными по всем показателям, особенно при фильтрации агрессивных газов с температурой до 140°С. Следует отметить перспективность применения фильтровальных тканей из нитрона в химической и анилино-красочной промышленности, где фильтруемые продукты имеют высокую температуру. Используемые в настоящее время хлоринные фильтроткани ввиду пониженной термостойкости не отвечают требуемым условиям производства. Нитроновые фильтроткани успешно применяются на Чимкентском свинцовом заводе для фильтрации раскаленных агрессивных газов от пыли [13]. Основные физико-механические характеристики нитроновых фильтротканей приведены в табл. 10.

Полнолефиновые фильтроткани

Из полиолефиновой группы волокон для изготовления фильтротканей могут найти применение полипропиленовые и полиэтиленовые волокна. Полиолефиновые фильтроткани благодаря малой плотности 0,9—0,92 г/см³ необычайно легки, чем выгодно отличаются от других синтетических волокон. Процесс получения полипропиленового волокна осуществляется путем прядения полипропиленовой смолы на прядильных машинах с последующей переработкой волокна на текстильных машинах в филаментарной полипропиленовой шелк или на штапельных аппаратах в штапельное волокно. Основные свойства полнолефиновых волокон представлены в табл. 11.

Большая устойчивость к действию минеральных кислот и щелочей указывает на перспективность применения этих тканей при фильтрации различного типа химических суспензий, где они нашли

Таблица 11

Основные свойства полиолефиновых волокон

Показатели	Полнэтилен —CH ₂ —CH ₂ —	Полипропилен —CH ₂ —CH— CH ₃
Метрический номер вырабатываемого волокна	34,5/80; 150/1	60/24; 96/24; 150/24
Плотность, г/см ³	0,92	0,90
Разрывная длина (при кондиционных условиях), км	39,5—46,0	45,0—60,0
Напряжение при разрыве в кг/мм ²	36,3—42,3	40,5—54,0
Разрывное удлинение, %	15,0—20,0	22,0—25,0
Усадка после мокрой обработки, %	—	5,0—6,5
Устойчивость к многократным изгибам при напряжении 5 кг/мм ²	1000—1536	65850—186540
Устойчивость к истиранию (количество циклов) при нагрузке 30 г	245—600	260—800
Температура размягчения, °С	118—132	155—165
Потеря прочности, %	При 80°С 80	При 140°С 70
Действие минеральных кислот	Очень устойчивое	Очень устойчивое
Действие щелочей	Очень устойчивое	Очень устойчивое
Действие концентрированных химических	Подвергается действию некоторых окисляющих веществ	К действию окисляющих веществ в основном устойчивое
Действие органических растворителей	Набухает, при нагревании растворяется	Набухает, при нагревании растворяется

широкое применение. Краткие физико-механические характеристики полиолефиновых фильтротканей, по данным Всесоюзного института по переработке химических волокон, приведены в табл. 12.

Фильтроткань из полипропилена арт. 23273 успешно применяется при фильтрации пигментной двуокиси титана. Полиэтиленовая монокапроновая фильтроткань арт. 23350 полотняного переплетения нашла применение при фильтрации агрессивных суспензий вместо обычно применяемых в этих условиях специальных сеток из цветных металлов. Фильтроткани арт. 22357, 23273, 23355 (2), 24037 имеют большую толщину от 470 до 700 мк с высоким гидравлическим сопротивлением и малой воздухопроницаемостью и рассчитаны для получения чистого фильтрата при небольшой производительности фильтрующих аппаратов.

По физико-механическим свойствам волокон этой группы тканей видно, что они имеют лучшие прочностные показатели по

Краткая физико-механическая характеристика полиолефиновых фильтротканей

Артикул	Переплетение	Вес 1 м ² ткань, г	Тол- щина ткань, мм	Ширин- на, ткань, см	Номер пряжи		Число нитей на 1 см		Прочность полоски ткани 50×200 мм, кг		Удлинение при разрыве %		Воздухо- проницае- мость, л/м ² ·сек
					основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток	
Полипропиленовые фильтроткани													
23355/2	Двухуточное саржевое, 2/1	266,3	700	87,4	100	100/4	31 (4/1)	30	238	239	51,6	32,4	85—100
23273	Двухуточное саржевое, 2,1	245	470	87,0	65	65/2	35	40	226,0	259,0	50,0	41,0	13
22357	Двухуточное саржевое, 2/1	222,9	590	97,5	100/3	100/3	31	35	183,6	240,0	55,7	31,2	84
24005	Атласное четырехре- мизное	65,3	230	96,7	100	100	30	31	62,7	68,6	26,3	29,5	—
24037	Двухслойное саржевое, 3/3	288,3	—	90,1	34/39	Нить та- с- лановой структу- ры № 11,5 100/3	22	21	92	40	17	23	Влагоем- кость ткань— 1640 г/м ²
Полиэтиленовая фильтроткань													
23350	Пологяное	239	490	94	Леска Ø=0,2 мм	Леска Ø=0,2 мм	22	15	151	97	33,4	37,1	

сравнению с хлопчатобумажными волокнами, однако уступают капроновым и лавсановым волокнам. Полноолефиновые фильтроткани могут найти применение при фильтрации сильноокислых и сильнощелочных рудных пульп.

Фторлоновые фильтроткани

Для фильтрации высокотемпературных и сильноагрессивных пульп из всех видов синтетических волокон наиболее перспективны фильтроткани, изготовленные из фторсодержащих полимеров типа фторлона, полифена, тефлона, поливинилфторида и др. Эта группа волокон за рубежом в последние годы получила большое развитие для изготовления различного типа химически стойких технических тканей, особенно для фильтраций всевозможных органических продуктов и красителей при высокой температуре 90—110°С, а также для фильтраций почти всех окислителей и восстановителей. Данные ткани также достаточно устойчивы в концентрированных растворах щелочей, кипящей царской водке, азотной кислоте, плавиковой кислоте и др. При нормальном режиме эксплуатации эта группа волокон сохраняет свою работоспособность в довольно большом интервале температур от 100 до 200°С.

Фторлоновое волокно разработано Московским текстильным институтом. В качестве сырья для производства фторлона используют тетрафторэтилен, который в присутствии катализатора при высоком давлении полимеризуется. Формирование волокна из полученной под давлением политетрафторэтиленовой смолы производится по мокрому или сухому методу при 15—18-кратной вытяжке. Технология получения полифенового волокна из политетрафторэтилена разработана Всесоюзным научно-исследовательским институтом искусственных волокон [38].

Получение волокна из полифторэтиленовой смолы производят путем полимеризации при повышенном давлении и температуре тетрафторэтилена в присутствии перекисных инициаторов. Прядильная композиция для получения полифенового волокна готовится на водной основе. В водную суспензию при формировании волокна добавляют специальный раствор для загустевания полимера.

Полученное в результате прядения полифеновое волокно подвергается химической обработке с целью повышения эластичности и прочности. Для оценки ткани приведем основные физико-механические характеристики фторсодержащих волокон, выпускаемых отечественной промышленностью (табл. 13).

Как видно из табл. 13, для фильтрации рудных пульп фторлоновое волокно по сравнению с полифеновым подходит больше. Как фторлоновые, так и полифеновые волокна при длительном хранении не разлагаются, устойчивы к действию света и почти не поглощают влаги. Однако для фильтрации больших объемов рудных пульп, встречающихся при обогащении и гидрометаллургии

Таблица 13

Основные свойства фторсодержащих волокон, пригодных
для изготовления фильтротканей

Показатели	Фторлон —CH ₂ —CF ₂ —	Полифен —CF ₂ —CF ₂
Метрический номер вырабатываемых филаментарных волокон	60/300	15/100
Плотность, г/см ³	1,96	2,2—2,3
Разрывная длина (при кондиционных условиях), км	9,0—12,0	5,0—7,0
Напряжение при разрыве, кг/мм ²	90,2—98,0	11,5—16,1
Разрывное удлинение, % .	6,5—9,5	15,0—40,0
Усадка при мокрой обработке, %	9,0	14,0—15,0
Устойчивость к истиранию (количество циклов) при нагрузке 30 г	307—358	7382
Температура размягчения, °С	132—136	320—326
Потеря прочности, %	При 100°С 38	При 140°С 46—57
Действие минеральных кислот	Устойчив	Очень устойчив
Действие концентрированных щелочей	Низкая устойчивость	Очень устойчив
Действие концентрированных химикалей	Очень устойчив	Устойчив, взаимодействует лишь с фтором и треххлористым фтором
Действие органических растворителей	Растворяется в ацетоне и других	Очень устойчив

руд черных, цветных и редких металлов, а также при переработке горно-химического сырья и калийных солей, фторлоновые фильтроткани в связи с большой их стоимостью и повышенной плотностью до 2 г/см³ применять неэффективно, так как стоимость передела при этом может резко возрасти при незначительном улучшении технологических показателей процесса фильтрации.

Фильтроткани из фторлона и полифена должны найти применение при фильтрации высокотемпературных агрессивных суспензий в виде концентрированных кислот, щелочей, окислителей, которые очень часто встречаются при производстве органических продуктов и красителей.

В горнометаллургической и редкометальной промышленности фторлоновые фильтроткани можно применять только при фильтрации небольших объемов сильно агрессивных суспензий. В настоящее время они оказались весьма эффективными при замене

Таблица 14

Краткие физико-механические показатели фторлоновых фильтротканей

Арти- кул	Ширина ткани, см	Вес 1 м ² ткани, г	Переплетение	Номер пряжи		Крутка пряжи		Прочность полоски ткани 50×200 мм, кг		Удлинение при разрыве, %	
				основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
21851	88,0	135,2	Плотняное .	60	60	300	—	156,9	105,6	22,7	15,7
22265	102,6	198,7	То же	60	60/2	300	100	190,3	113,1	18,4	16,6
22368/1	102,9	225,8	„	60	60/2	300	50	290,4	174,8	21,1	19,7
22368/2	102,8	203,3	Саржевое 2/1	60	60	—	—	298,4	110,6	20,3	16,4
22391/1	106,7	227,3	Плотняное .	60	60/2	300	100	231,8	118,3	25,2	13,6
22391/2	102,8	227,4	Саржевое 2/1	60	60	300	50	240,6	138,2	19,9	18,4
22295	92	138	Плотняное .	60	60	—	—	135	115	15,0	19,0
1573	105,5	205,6	То же	60	60/2	300	100	218	89	18,7	12,6
1550	87,7	138,7	„	60	60	—	—	140	113	17	19

Таблица 15

Основные свойства волокон, которые могут быть применены для изготовления фильтротканей

Наименование групп и видов волокон и тканей	Плот- ность, г/см ³	Предел прочности (разрывное напряже- ние), кг/д.м. ²	Разрыв- ное удлине- ние, %	Поглоще- ние влаги в % к сухому весу	Устойчивость к воз- действию	
					кислот	щелочей
Хлопчатобумажные (филт- родиагональ, филтхро- миткаль, филтробель- тинг)	1,52	20—35	7—10	0,1	Невысо- кая	Невысо- кая
Поливинилхлоридные (хло- рин, РС, саран, ровинь, веньон и др.)	1,5	30—35	30—20	0,1	Высокая	Высокая
Полиамидные (капрон, ней- лон, анид и др.)	1,14	45—75	30—15	4,5	Невысо- кая	Высокая
Полиэфирные (лавсан, тери- лен, даркон, диолон, те- риталь и др.)	1,38	55—85	25—15	0,4	Высокая	Высокая
Полиакрилонитриловые (ни- трон, орлон, пан, дралон, прелан и др.)	1,17	25—40	30—20	1,5	Высокая	Высокая
Полиолефиновые (полиэти- лен, полипропилен)	0,95	10—30	15—40	0	Высокая	Высокая
Фторлоновые (фторлон, по- лифен, тефлон)	2,16	110—115	7—10	0	Высокая	Невысо- кая

металлических высокостойких антикоррозийных фильтрующих сеток на ряде предприятий, редкометальной промышленности.

Краткая физико-механическая характеристика фильтровальных тканей из фторлонового волокна полотняного и саржевого плетения, разработанных Всесоюзным институтом по переработке химических волокон и уже применяющихся на ряде предприятий, приведена в табл. 14.

В подтверждение рассмотренного выше анализа о преимуществах полиамидных и полиэфирных волокон в табл. 15 приведены для сравнения основные свойства синтетических и хлопчатобумажных волокон, которые могут быть применены для изготовления фильтротканей. По прочности, относительному удлинению при разрыве, устойчивости к действию кислот и щелочей, а также способности поглощать влагу фторлоновые волокна стоят на первом месте. Однако из-за большой себестоимости и повышенного удельного веса эти волокна пока не могут применяться для изготовления фильтротканей применительно к фильтрации пульп на обогатительных фабриках.

Иное положение с полиамидными и полиэфирными волокнами. При относительно малой плотности от 1,14 до 1,35 г/см³, небольшой их себестоимости они имеют довольно высокий предел прочности (45—85 кг/мм²). Для фильтрации рудных пульп изготовление фильтротканей из полиамидных и полиэфирных волокон является наиболее рациональным.

5. АСБЕСТОВЫЕ ФИЛЬТРОТКАНИ

Среди волокон минерального происхождения для фильтрации сильноагрессивных пульп представляют интерес асбестовые фильтроткани. Им свойственна высокая химическая стойкость к концентрированным кислотам и щелочам. Главным недостатком, сдерживающим широкое применение этих фильтровальных тканей, является малая их механическая прочность. В связи с этим фильтрация на асбестовых фильтротканях проводится при незначительных механических напряжениях и обычно при небольшом давлении суспензии в фильтруемом аппарате. Лучшим аппаратом для фильтрации с асбестовой фильтровальной тканью оказываются фильтпрессы, карусельные фильтры и планфильтры.

Присущая для асбестовых волокон малая механическая прочность сильно затрудняет прядение, поэтому для улучшения условий ткачества и повышения прочности фильтроткани обычно к асбестовому волокну добавляют примерно от 5 до 18% хлопка, что приводит к некоторому снижению тепловой и химической стойкости асбестовых тканей. При прядении можно добавлять химически стойкое и высокопрочное филаментное синтетическое волокно типа хлорина, лавсана, нитрона, фторлона, полипропилена и др. В этом направлении в настоящее время проводятся исследования и разработано несколько видов лабораторных образцов, которые

будут испытаны на ряде химических и редкометалльных предприятий.

Имеются примеры изготовления асбестовых фильтротканей с применением проволоки из латуни, меди, нержавеющей стали.

Отечественная промышленность сейчас выпускает серийно семь образцов асбестовых фильтротканей саржевого и полотняного переплетений, изготовленных из хризотил-асбеста с примесью хлопка и один образец ткани с латунной или медной проволокой. Основные физико-механические характеристики этих образцов фильтротканей приведены в табл. 16. Асбестовые фильтроткани имеют большую плотность от 2,6 до 3,2 г/см³ и толщину, составляющую 1,6—3,8 мм. Механическая прочность их невысокая. При ширине полоски 50×100 мм она составляет всего лишь 40—75 кг по основе и от 12 до 60 кг по утку. Для ткани АТ-6, имеющей значительную плотность, прочность такой полоски ткани достигает по основе 250 кг, а по утку 150 кг. При прокаливании эти фильтроткани теряют свой вес на 20—32%

Кроме хризотил-асбеста для изготовления химически стойких и термостойких фильтротканей применяют следующие разновидности асбеста: антофилит, тримолит-антиполивый, арфведсонит, розусит. Каждый вид асбеста характеризуется своей плотностью, химическим составом и определенной химической стойкостью при кипячении в концентрированных растворах соляной кислоты или едкого калия. Из всех видов асбестов для изготовления фильтротканей лучшим является хризотил, который может быть выражен следующей химической формулой $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Почти все хризотил-асбесты выдерживают довольно высокую температуру. Первые признаки плавления их отмечают только

Таблица 16

Физико-механическая характеристика асбестовых фильтротканей

Марка ткани	Переплетение	Ширина ткани, мм	Вес 1 м ² ткани, г (не более)	Толщина ткани, мм (не более)	Число нитей на 10 мм		Прочность полоски ткани 50×100 мм, кг (не более)		Потери при прокаливании, % (не более)
					основа	уток	основа	уток	
АТ-1	Полотняное . . .	1030	1000	1,6	80	40	65	27	29
АТ-2	То же	1040	1100	1,9	60	30	50	17	32
АТ-3	•	1040	1500	2,9	45	22	42	12	32
АТ-4	•	1040	1900	3,5	45	19	42	14	32
АТ-5	Саржевое (с латунной или медной проволокой)	1040	1900	3,2	45	19	68	25	32
АТ-6	Саржевое	1550	3400	3,8	138	74	250	150	19
АТ-7	Полотняное	1520	1600	2,5	82	42	80	60	23,5
АТ-8	Саржевое	1500	2000	3,5	72	66	75	100	23,5
АТ-9	То же	1500	2000	3,5	82	54	70	45	32

при температуре 1500°С. Они устойчивы в кипящих растворах щелочей. Растворимость хризотил-асбеста при кипячении в 25 %-ном растворе едкого калия составляет всего лишь 1—3%.

В настоящее время асбестовые фильтроткани при фильтрации рудных пульп почти не применяют. Ввиду своих очень высоких электроизоляционных свойств и термостойкости, а также устойчивости к действию кислот и щелочей при повышенной температуре, давлении и концентрации они используются в качестве фильтрующих диафрагм при электролизе воды и хлора [37], а также при фильтрации некоторых гидрометаллургических продуктов редкометалльной промышленности.

6. СТЕКЛЯННЫЕ ФИЛЬТРОТКАНИ

Стекланные фильтровальные ткани чаще применяют на предприятиях химической и горно-химической промышленности, в том числе и металлургической, например для фильтрации раскаленных агрессивных газов и для изготовления различных катодных и анодных диафрагм.

Стекланные фильтровальные ткани [41, 42] отличаются от всех естественных и синтетических фильтротканей высокой устойчивостью к действию жидких и газообразных агрессивных сред. Однако эта устойчивость определенным образом зависит от типа стекла, из которого изготовлена фильтроткань. Они термоустойчивы и выдерживают при фильтровании нейтральных, слабощелочных и газообразных сред температуру до 300°С, а при кратковременном действии до 500°С и выше. Все виды стекланных фильтротканей имеют гладкую поверхность и изготавливаются из любых видов пряжи и переплетений (рис. 5).

На химическую устойчивость стекланных фильтротканей значительное влияние оказывает замасливание и состав аппрета, которым обрабатывается стеклоткань в процессе изготовления.

В настоящее время разработано Всесоюзным научно-исследовательским институтом стеклнного волокна шесть видов (стандартов) стекол, которые используются для изготовления стекланных фильтротканей. Краткая химическая характеристика этих стекол представлена в табл. 17.

Как видно из табл. 17, химические составы каждого вида стекла несколько отличаются между собой, и в зависимости от добавления тех или иных химических компонентов в стекло происходит резкое изменение его физико-химических и механических свойств. Для фильтрации нейтральных и слабощелочных жидких фаз как при низких порядка —150°С и высоких до +280°С температурах применяются стеклоткани из алюмоборосиликатного стекла. Фильтроткани из алюмомагнезиального стекла и стекла № 7 рекомендуется применять при фильтрации кислых и нейтральных сред. Для фильтрации нейтральных, кислых и слабощелочных сред готовят стеклоткани из стекла № 20, а для фильтрации кислых и

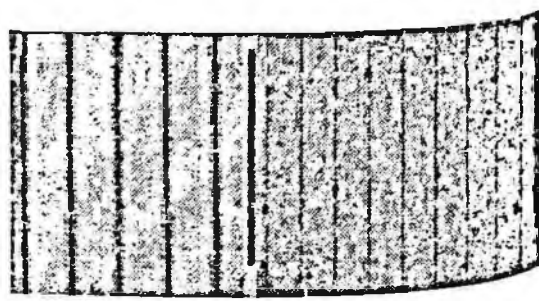
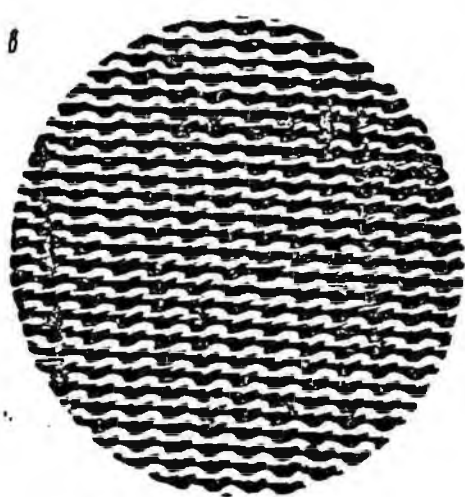
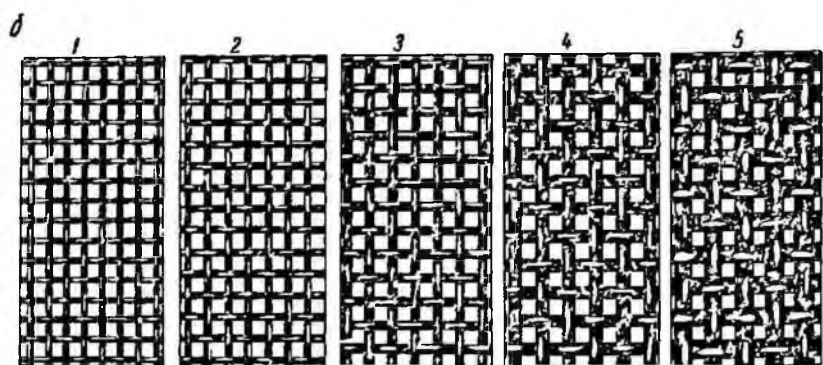
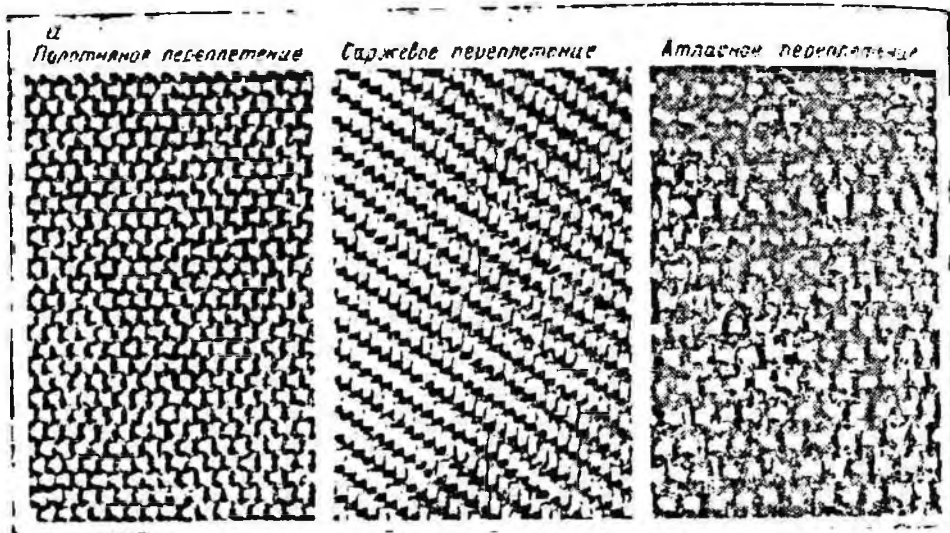


Рис. 5. Общий вид фильтроканей:

а — стеклянные фильтроканей; б — металлические фильтровальные сетки плотяного плетения;
 1 — диаметр проволоки 0,5 мм; 2 — 0,7 мм; 3 — 1 мм; 4 — 1,5 мм; 5 — 2 мм; в — металличе-
 ская фильтровальная сетка галунного плетения; г — фильтроканей из металлической про-
 волоки в смеси с синтетическим волокном

Таблица 17

Химический состав стекол, используемых в стеклянных
фильтротканях в %

Химические компоненты стекло	Вид стекол						
	Алюмо- боросили- катное	Алюомагнезиальное		№ 70	№ 65	№ 20	№ 7
		1	2				
SiO ₂	54	71	71	69	61	61	62,5
CaO	16,5	8,5	8,5	8,0	9,0	7,6	13,5
MgO	4,0	2,5	2,5	3,0	3,0	—	2,5
Na ₂ O	0,7	13,5	15,0	14	12	12,6	10
Al ₂ O ₃	14,5	3,0	3,0	3,0	3,0	7,1	6,0
K ₂ O	—	1,5	—	—	—	1,8	—
Mn ₂ O ₄	—	—	—	—	—	0,1	2,5
Fe ₂ O ₃	—	—	—	2,0	—	1,5	1,0
Br ₂ O ₂	—	—	—	1,0	6,0	5,0	1,5
B ₂ O ₃	10	—	—	—	—	3,0	—
F ₂	0,3	—	—	—	—	—	0,5
BaO	—	—	—	—	—	0,3	—
ZnO	—	—	—	—	6,0	—	—
Итого	100	100	100	100	100	100	100

щелочных сред — из стекла № 65. Устойчивость данных видов стекол к агрессивности химических сред приведена в табл. 18.

Стеклоткани из стекол алюомагнезиального № 7, 20, 65, 70 устойчивы в кислых средах и могут применяться для фильтрации концентрированных минеральных кислот, таких, как соляная, азотная, серная. Но под действием даже небольшой концентрации плавиковой кислоты эти виды стекол быстро растворяются. Несколько специфично ведут себя стеклоткани в растворах фосфор-

Таблица 18

Устойчивость стекол к различным видам химических сред

Стекло	Виды сред				
	кислая	слабо- кислая	нейтраль- ная	слабоще- лочная	щелочная
Алюоборосили- катное	—	—	+	+	—
Алюомагнезиаль- ное	+	+	+	—	—
№ 7	+	+	+	—	—
№ 20	+	+	+	+	—
№ 65	+	+	+	+	+
№ 70	+	+	+	—	—

Примечание. + устойчиво; — неустойчиво.

ной кислоты. Если в горячих растворах фосфорной кислоты стеклоткани быстро разлагаются, то в холодных наоборот, даже при концентрации фосфорной кислоты 50—60% последние могут успешно эксплуатироваться довольно длительное время без потери прочности.

Для фильтрации концентрированных растворов едких щелочей, щелочных металлов возможно лишь применение стеклоткани из стекла № 65. Устойчивость этого стекла в щелочной среде по сравнению с кислой и нейтральной средой значительно ниже, поскольку в процессе эксплуатации происходит постепенное выщелачивание стекла. Почти все рассмотренные виды стекол не разлагаются под действием самых сильных окислителей и восстановителей.

Таким образом физико-химические свойства стеклоткани полностью зависят от состава стекла, из которого изготовлена фильтроткань. Поэтому в зависимости от условий последующей эксплуатации стеклоткани разработано несколько десятков стеклянных фильтротканей. В табл. 19 приведена физико-механическая характеристика лишь нескольких типов стеклянных фильтротканей, применяющихся в различных отраслях промышленности для фильтрации жидких и газообразных сред.

Таблица 19

Физико-механическая характеристика стеклянных фильтротканей

Тип стеклянной фильтроткани	Вид стекла	Вес 1 м ² ткани, г	Толщина ткани, мм	Диаметр элементарного волокна, мк		Номер нитей		Число нитей на 1 см	
				основа	уток	основа	уток	основа	уток
<i>Плотняное переплетение</i>									
ТСФ(а)-9п.	Алюмомagneзиальное	690	0,66	9	9	5	5	16	9
	№ 7	690	0,66	9	9	5	5	16	9
	№ 20	690	0,66	9	9	5	5	16	9
	№ 65	690	0,66	9	9	5	5	16	9
ТСФ(а)-6п.	№ 7		0,27		6	9	9	16	10
	Алюмоборосиликатное бесщелочное	285	0,27	6	6	9	9	16	10
<i>Саржевое переплетение</i>									
ТСФ(а) . . .	№ 7	300	0,32	6	6	9	9	20	15
	Алюмомagneзиальное	300	0,32	6	6	9	9	20	15
ТСФ(б) . . .	Алюмоборосиликатное бесщелочное	300	0,33	7	7	9	9	20	15
	Алюмоборосиликатное бесщелочное	311	0,31	6	6	20	20	40	20
АСТТ(б)-С ₁	№ 7	311	0,31	6	6	20	20	40	20
	Алюмоборосиликатное бесщелочное	29	0,29	7	7	15	15	21	21
<i>Сатиновое четырехремизное переплетение</i>									
	Алюмоборосиликатное бесщелочное	29	0,29	7	7	15	15	21	21

Стеклопная фильтроткань может служить очень долгое время в агрессивных средах при высокой температуре, но только без механических повреждений или изгибов. Изгибы, вибрация и прочее механическое воздействие быстро разрушают ткань. В связи с этим при подборе стеклальной фильтровальной ткани необходимо обязательно учитывать механические воздействия и возможные способы ликвидации их путем соответствующего крепления, применения прокладок и т. п. Чаще всего на практике применяют мягкие и химически стойкие прокладки или гуммировку возможных сочленений стеклоткани с фильтрующим аппаратом — фильтром. При фильтрации рудных пульп на барабанных, дисковых и ленточных вакуум-фильтрах такие мероприятия обеспечить невозможно, поэтому в этих условиях работы стеклальные фильтроткани не могут найти применение.

7. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРУЮЩИЕ СЕТКИ

Наряду с рассмотренными фильтротканями из натуральных (хлопок, пенька, лен, шерсть) и синтетических волокон, а также волокон неорганического происхождения (стекланных, асбестовых) для изготовления фильтрующих диафрагм, особенно применительно к условиям фильтрации грубозернистого материала, распространение также получили различного типа металлические проволоочные сетки. В качестве сырья для производства последних идет ст. 1, ст. 3 (ГОСТ 380—60), нержавеющие стали различных марок, медь (ГОСТ 859—41), алюминий, латунь (ГОСТ 1019—47), никель (ГОСТ 452—56), фосфористая бронза (ГОСТ 493—54) и другие сплавы. В зависимости от требования заказчика металлические проволоочные сетки изготавливают любых размеров и переплетений (полотняного, саржевого, галунного и др.). Наибольшее распространение получили металлические сетки полотняного переплетения с квадратным сечением отверстий. Здесь переплетение проволок равного диаметра основы и утка происходит под прямым углом. Для плетения могут быть также применены проволоки по основе и утку разных диаметров. В зависимости от диаметра проволоки, требуемого размера отверстий в сетке и прочности меняется «живое» сечение. Ниже и на рис. 5, б приводится изменение «живого» сечения проволоочной сетки при одинаковом сечении квадратных отверстий сетки (4 мм²).

Толщина проволоки, мм	«Живое» сечение (открытая поверхность) сетки, %
0,5	64,0
0,7	54,8
1,0	44,5
1,5	32,5
2,0	25,0

С увеличением диаметра проволоки возрастает прочность сетки, но зато резко падает ее «живое» сечение. Поэтому на практике при изготовлении проволочных сеток стремятся получить при возможно большем «живом» сечении отверстий максимальную прочность. С увеличением диаметра проволоки «живое» сечение сетки возрастает. Для диаметра проволок от 0,04 до 0,2 мм «живое» сечение проволочной сетки увеличивается от 28 до 36,7%, а для диаметра проволок от 0,224 мм до 2,6 мм «живое» сечение возрастает от 40,8 до 70,3% (табл. 20).

Таблица 20

Основная характеристика проволочных латунных фильтровальных сеток с квадратным сечением ячейки ГОСТ № 3854—53

№ сетки	Диаметр проволоки, мм	Число проволок на 1 дм сетки	Число ячеек на 1 см ² сетки	Живое сечение сетки, %	Вес 1 м ² сетки, кг	Диаметр отверстий в сетке, мм
0,5	0,22	139	193	48,2	0,91	34,6
0,45	0,18	159	252	50,9	0,72	39,2
0,42	0,15	125,5	308	54,0	0,55	43,7
0,4	0,15	182	331	53,0	0,58	45,5
0,355	0,15	200	400	49,0	0,63	50,0
0,315	0,14	222	494	46,0	0,61	55,5
0,28	0,14	238	567	44,5	0,65	59,3
0,25	0,13	264	694	43,3	0,62	65,7
0,224	0,13	278	763	40,8	0,66	69,0
0,2	0,13	303	818	36,7	0,72	71,2
0,18	0,13	323	1 040	33,8	0,76	80,5
0,16	0,12	385	1 480	32,7	0,72	96,0
0,15	0,10	400	1 600	36,0	0,56	100,0
0,14	0,09	435	1 890	38,0	0,56	108,7
0,125	0,09	465	2 130	33,8	0,54	115,2
0,112	0,08	315	2 630	34,7	0,46	128,5
0,105	0,75	566	3 140	31,0	0,43	140
0,1	0,07	588	3 460	34,6	0,40	150
0,09	0,07	625	3 900	31,6	0,43	156,2
0,085	0,65	667	4 450	32,1	0,40	166,7
0,08	0,055	740	5 476	30	0,30	185
0,075	0,065	714	5 100	28,7	0,42	188,7
0,071	0,055	800	6 400	31,4	—	200
0,063	0,045	910	8 270	34,9	—	227,5
0,06	0,04	1 000	10 000	36,0	—	250

Аналогично полотняному плетению готовятся из этих материалов металлические сетки галунного плетения (рис. 5, в).

Для фильтрации рудных пульп проволочные сетки применяются на планфильтрах, дисковых, барабанных и других типах фильтров, особенно при фильтрации пульп с большим содержанием крупных частиц. Например, латунные сетки успешно применяют при фильтрации железных концентратов на планфильтрах на Оленегорской обогатительной фабрике, на угольных фабриках в Кузбассе, Донбассе и др. Сетки из нержавеющей стали

используют в редкометальной промышленности при фильтрации агрессивных пульп. Они также могут применяться для фильтрации солей при обогащении калийных руд. Однако этим фильтрующим сеткам при фильтрации рудных пульп присущи серьезные недостатки: быстро подвергаются коррозии, имеют низкую задерживающую способность и дают фильтрат с большим содержанием твердых частиц, стоимость их по сравнению с синтетическими фильтротканями значительно выше.

Кроме фильтровальных сеток из чистого металла выпускают фильтровальные сетки из различных марок металла в смеси с искусственным или синтетическим волокном, например сетки капросталь, лавсаносталь и др. На рис. 5, 2 показаны металлические фильтроткани с примесью синтетических волокон, в которых содержание металлических проволок в среднем составляет от 30 до 50%. Задерживающая способность таких фильтротканей несколько выше металлических.

8. ДРУГИЕ ТИПЫ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ ТКАНЕЙ И ПЕРЕГОРОДОК

Для изготовления фильтротканей применительно к фильтрации рудных пульп могут быть использованы волокна из природных высокомолекулярных соединений, например, вискозные, ацетатные, медно-аммиачные, альгиновые, белковые и др. Однако по своим физико-механическим свойствам эти волокна значительно уступают синтетическим.

В качестве материалов для изготовления фильтротканей иногда применяют волокна из соединений кремния и окислов металлов. К таким волокнам относятся керамические, изготавливаемые из кремнезема и глинозема (файбрфрэкс), шлаковые, получаемые из доменных шлаков, содержащих кремнезем, окиси железа, алюминия, кальция, магния; кварцевые, производящиеся из чистого кремнезема — кварца; каменные, вырабатываемые из расплавов различных минералов: доломита, известняка, алюмосиликатов. Разновидностью каменных волокон являются базальтовые, производство которых осуществляется из горной породы — базальта вулканического происхождения.

Все разновидности каменных волокон на практике получают методом раздувания из расплавов. Фильтроткани, изготовленные из этих волокон, применяют в основном в пирометаллургии для фильтрации агрессивных сред с температурой от 700 до 1500°С. В условиях фильтрации рудных пульп эти фильтроткани не эффективны.

Для фильтрации ряда химических продуктов, масел, газов, химических растворов, флотационных реагентов, наряду с фильтротканями в последнее время начали применять фильтрующие перегородки из нетканых материалов. В качестве сырья для производ-

ства нетканых материалов могут быть применены все виды рассмотренных выше волокон: хлопчатобумажные, синтетические, искусственные, а также их смеси. Крепление волокон, расположенных продольно-поперечно или беспорядочно у нетканых фильтрующих перегородок производится химическим, механическим или физико-химическим способами.

Выбор способа крепления волокон обосновывается физико-химическими показателями фильтрующих перегородок и условиями их последующей эксплуатации. Для изготовления нетканых фильтрующих перегородок вместе с исходным сырьем чаще всего применяют отходы волокон длиной не менее 15 мм, получаемые при производстве текстильных материалов. Стоимость производства нетканых материалов небольшая. Нетканые фильтрующие перегородки пока еще не используют при фильтрации рудных пульп в связи с отсутствием соответствующих рекомендаций и промышленных испытаний. Надо полагать, что в ближайшие годы они найдут применение в горнорудной промышленности только для фильтрации реагентов при очистке, для удаления различного типа механических примесей при осветлении растворов, для контрольной фильтрации фильтрата, полученного на тканевых фильтрующих перегородках. В качестве аппаратов для нетканых материалов можно рекомендовать нутч-фильтры, план-фильтры, карусельные фильтры и фильтр-прессы. В связи с малой механической прочностью нетканых материалов применение их на дисковых и барабанных вакуум-фильтрах с внешней и внутренней фильтрующей поверхностью неэкономично.

В качестве фильтрующих перегородок для фильтрации редкометалльных пульп и растворов в некоторых случаях применяют пористые материалы в виде керамических плит, патронов, колец, дисков и т. д.

В последние годы для очистки газов, масел, растворов химических реактивов, а также для фильтрации продуктов химической, горно-химической и металлургической промышленности при условии фильтрации растворов с большим давлением и температурой начали осваивать металлокерамические и металлические пористые фильтрующие элементы. Для изготовления таких элементов используют углеродистые и нержавеющие стали, медь, бронзу, никель, титан, бериллий, литий и другие в зависимости от требуемых условий фильтрации, агрессивности среды, ее температуры и давления.

При изготовлении металлических и металлокерамических фильтрующих элементов исходные металлы методом порошковой металлургии превращают в сферические порошки различного диаметра, которые после спекания в формах дают соответствующие фильтрующие элементы.

Удельный вес применения всех рассматриваемых в данном параграфе фильтрующих перегородок из нетканых материалов, каменных волокон, пористых, керамических, металлокерамических

и других материалов при фильтрации рудных пульп весьма незначительный. В перспективе эти фильтрующие перегородки при фильтрации щелочных и кислых рудных пульп также не будут иметь преимуществ перед существующими фильтротканями.

Выводы

Обобщение и анализ применения различных фильтротканей и других фильтрующих перегородок в практике фильтрации рудных пульп, изучение строения фильтротканей и фильтрующих перегородок, а также рассмотрение их физико-химических свойств позволили сделать следующие рекомендации.

При переработке руд цветных, редких и благородных металлов, а также горно-химического сырья и солей в качестве фильтрующих диафрагм в процессе фильтрации обычно используют различные фильтроткани. При фильтрации щелочных пульп до сих пор преимущественно применяют хлопчатобумажные фильтроткани типа фильтродиагональ, фильтромиткаль или их заменители: бязь, миткаль, бельтинг, чефер. В случае фильтрации кислых пульп используют хлориновые фильтроткани.

Хлопчатобумажные и хлориновые фильтроткани не отвечают технологическим требованиям процесса фильтрации. Фильтроткань, изготовленная из хлопчатобумажного волокна, служит малый срок, быстро засоряется и изнашивается. Хлориновые фильтроткани в щелочных средах значительно уступают хлопчатобумажным и дают фильтрат с большим содержанием твердой взвеси.

В результате рассмотрения основных физико-механических свойств всех видов волокон, пригодных для изготовления фильтротканей: поливинилхлоридных, полиамидных, полиэфирных, полиакрилонитриловых, полиолефиновых, фторлоновых, асбестовых, стеклянных, а также других волокон и материалов из неорганических веществ выявлена возможная область их применения применительно к условиям фильтрации рудных пульп.

Анализ показал, что наиболее перспективны при фильтрации рудных пульп синтетические ткани из полиамидных и полиэфирных волокон. Для изготовления фильтротканей из полиамидной группы волокон можно использовать капрон, а из полиэфирной — лавсан. Другие группы волокон для изготовления фильтротканей при фильтрации рудных пульп менее эффективны.

Новые синтетические фильтроткани из капрона и лавсана могут значительно превзойти по своим физико-химическим свойствам существующие хлопчатобумажные фильтроткани. Лавсановое волокно в равной степени устойчиво в сильноокислых, сильнощелочных и в нейтральных средах. Капроновое волокно также устойчиво в слабокислых, нейтральных и щелочных средах. Тканям, изготовленным из этих волокон, свойственна высокая механическая прочность и малая истираемость. Однако при фильтрации рудных пульп капроновые и лавсановые фильтроткани еще не нашли должного

применения, и технологические показатели их работы не исследованы.

Поэтому, чтобы капроновые и лавсановые волокна можно было широко применять для изготовления фильтротканей, необходимо в зависимости от физико-химических свойств фильтруемой пульпы и фазового состава засоряющих отложений подобрать наиболее рациональное строение этих тканей, отвечающее высокой фильтрующей способности и воздухопроницаемости, минимальной степени отложения кристаллических веществ на ее поверхности и достаточно высокой механической прочности. Такие рекомендации можно дать только на основе детальных промышленных и лабораторных исследований основных закономерностей фильтрации рудных пульп на синтетических фильтротканях и физико-химических условий засорения этих тканей. В связи с этим изучение основных показателей фильтрации с использованием синтетических тканей, а также установление возможного механизма их засорения и восстановления и на основе этого разработка новых более совершенных сортов фильтротканей имеет важное народнохозяйственное значение.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАПРОНОВЫХ И ЛАВСАНОВЫХ ФИЛЬТРОТКАНЕЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Капроновые и лавсановые волокна по ряду своих свойств значительно превосходят хлопчатобумажные и наиболее перспективны для изготовления фильтротканей. Промышленными испытаниями намечается установить наиболее рациональное строение этих тканей, их эксплуатационные качества и основные фильтрационные показатели. Это позволит дать обоснованные рекомендации об эффективности применения синтетических фильтротканей и дальнейшей разработке более совершенных ее сортов в различных режимах фильтрации, так как на фильтрацию рудных пульп оказывают влияние различные факторы, в том числе значительный период засорения фильтротканей, что при моделировании в условиях лаборатории трудно учесть. В связи с этим исследование основных фильтрационных показателей новых синтетических фильтротканей из капрона и лавсана выполнялось нами в промышленных масштабах под руководством проф. И. К. Скобеева [54]. Основным критерием оценки показателей фильтрации служил метод сравнения новых синтетических фильтротканей со стандартными хлопчатобумажными, применяющимися на фабрике.

Перерабатываемые руды в период испытаний были однотипными, химический состав их не менялся. За время опытных работ на фабрике профильтровано более 200 тыс. т руды, что дало возможность всесторонне исследовать процесс фильтрации на различных фильтротканях и получить устойчивые и достоверные корреляционные зависимости.

1. ВЫБОР НОВЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОТКАНЕЙ

При сравнении и выборе фильтротканей учитывали следующие их особенности:

высокую фильтрующую способность и воздухопроницаемость с минимальным гидравлическим сопротивлением при фильтрации; высокую задерживающую способность, позволяющую получать фильтрат по возможности без механических примесей;

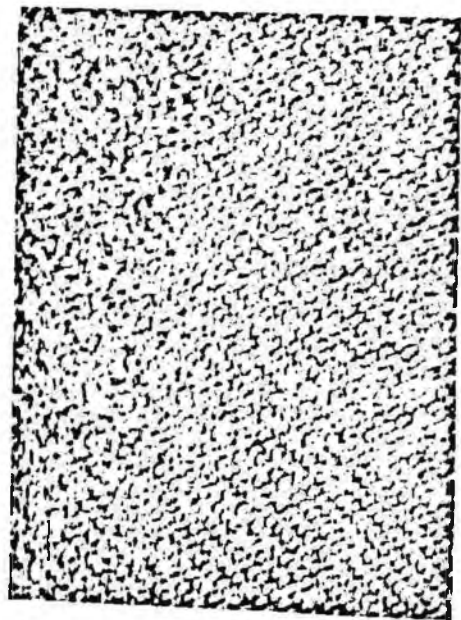


Рис. 6. Капроновая фильтроткань арт. 1528



Рис. 7. Капроновая фильтроткань арт. 1538



Рис. 8. Капроновая фильтроткань арт. 21615

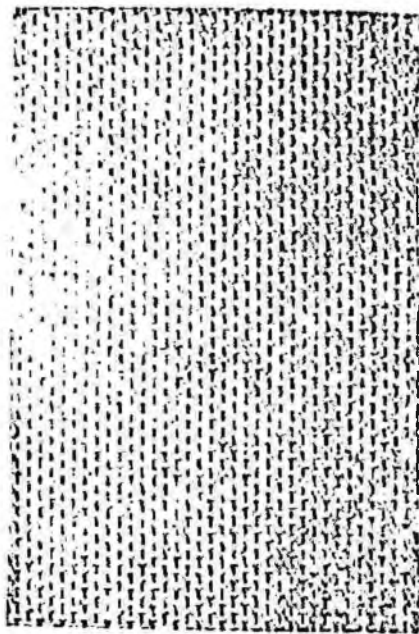


Рис. 9. Капроновая фильтроткань арт. 22059

достаточно высокую прочность, способную выдерживать не только изгибающие, но и значительные механические нагрузки; высокую химическую стойкость по отношению к фильтрующим продуктам;

легкую способность восстанавливаться (регенерироваться); значительную продолжительность срока службы.

Для промышленных испытаний при фильтрации рудных пульп выбрали пять сортов синтетических фильтротканей, из них четыре

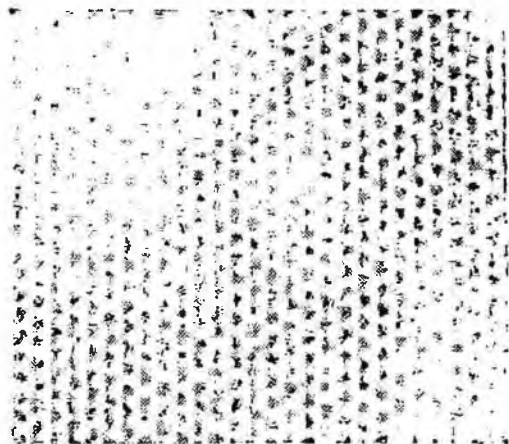


Рис. 10. Лавсановая фильтроткань арт. 21710/3

сорта капроновой ткани арт. 1528 (рис. 6), 1538 (рис. 7), 21615 (рис. 8), 22059 (рис. 9) и один сорт лавсановой ткани арт. 21710/3 (табл. 21). Капроновые ткани арт. 1528 и 21615 были изготовлены на шелковом комбинате «Красная Роза», а капроновые ткани арт. 1538 и 22059 и лавсановая ткань арт. 21710/3 (рис. 10) — в опытно-производственной лаборатории института ВНИИПХВ.

Таблица 2

Характеристика исследуемых синтетических фильтротканей

Артикул	Материал ткани	Ширина ткани, см		Вес 1 м ² , г	Переплетение	Номер пряжи		Крутка пряжи		Прочность полоски ткани 50×200 мм, кг		Удлинение при разрыве, %	
		основы	уток			основы	уток	основы	уток	основы	уток		
1528	Капрон	100	180	Саржа 1/2	34	34	350	100	190	190	22	22	
1538	То же	91	150	Саржа 3/3	200,2	200,2	300	50	160	95	25	24	
21710/3	Лавсан	95	320	Гарнитурное	34	34/27	100	100	320	85	24	15	
22659	Капрон	110	250	То же	34	34	350	100	400	145	30	23	
21615	Капрон	88	250	„ „	34	34	34	—	400	145	30	23	

2. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ НА ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКЕ

Обогатительная фабрика перерабатывает золотосодержащие руды, состоящие в основном из кварца, хальцедона и хальцевидного кварца тонкокристаллической структуры. Из сульфидных минералов в рудах этого месторождения встречается стибнит, пираргирит, фрейбергит и пирит. Общее количество сульфидов в руде обычно не превышает 2%. Золото в рудных минералах представлено очень тонкой вкрапленностью, часто дисперсных размеров.



Рис. 11. Цех фильтров обогатительной фабрики

Переработка руд этого месторождения производится путем флотации и гидрометаллургии. В технологической схеме фабрики предусмотрено двухстадийное дробление и трехстадийное измельчение с отделением шламов в первой стадии измельчения путем двойного гидроциклонирования. В первой и второй стадиях измельчения классификация осуществляется в спиральных классификаторах и гидроциклонах, а в третьей стадии — только в гидроциклонах.

Флотация руды проводится в две стадии. Хвосты флотации в процессе гидрометаллургической переработки подвергаются фильтрации с целью выделения золотосодержащих растворов. Полученные растворы осветляются и из них с помощью цинковой пыли осаждают золотые шламы.

Фильтрацию хвостов флотации осуществляют на вращающихся ячеековых барабанных вакуум-фильтрах марки Б-40, Пензенского завода (Пензхиммаш) с диаметром барабана 3 м (рис. 11). Общая фильтрующая поверхность каждого фильтра 40 м².

Для экипировки фильтра ткань сшивается из отдельных полос в палатку шириной 4,52 м и длиной не менее 10,2 м.

Укрепление ткани на барабане производится путем заправки ткани в пазы между ячейками и пробивки этих пазов с помощью пеньковых жгутов, получаемых при размотке пенькового каната. Стык двух концов ткани закрепляется в одном из пазов внахлестку с учетом запаса в пределах 5—7 см. Поверх ткани барабан обматывают проволокой ГОСТ 9389—60 диаметром 2,5 мм с шагом витка от 52 до 92 мм. С увеличением шага витка значительно сокращается расход проволоки и улучшается съем кека с поверхности фильтроткани. Ткань на бортах барабана укрепляется проволокой в 3—4 слоя.

Решета, на которых укрепляются фильтрующие ткани, как показывает практика эксплуатации, быстро выходят из строя, особенно, когда они изготовлены из стального листа толщиной 3—4 см. Такие решета выходят из строя примерно через 2—3 месяца работы, но при увеличении толщины решет срок службы значительно возрастает. Так, решета, изготовленные из листовой стали толщиной до 6 мм, служат около двух лет. В восстановленных листах решет имеются неровности, вызывающие износ фильтроткани. Быстрый выход из строя фильтрующих решет в основном обуславливается резким изменением структуры стали за счет воздействия агрессивных щелочистых растворов, а также большим «живым» сечением решета, составляющим около 40%. Расположение отверстий на решетке треугольное, что дает возможность при высокой прочности его иметь наибольшее «живое» сечение. Диаметр отверстия решета 10 мм.

Кек, полученный в результате фильтрации, является хвостами фабрики, поэтому от эффективности фильтрации, особенно степени отмывки золотого раствора от кека, в значительной степени зависит извлечение.

Ситовый анализ твердого в пульпе, поступающего на фильтрацию, показал, что пульпа содержит очень большое количество слабоскоагулированных тонкодисперсных первичных илов и шламов переизмельчения, составляющих 40% всего фильтруемого материала. Крупность помола хвостов флотации достигает 96—98%—0,074 мм (табл. 22).

Седиментационный анализ шламов класса —0,05 мм подтвердил, что в классах —10 мк и менее содержится около половины всего шламистого материала (табл. 23). Содержание тонких классов показано на рис. 12.

На фабрике для фильтрации применяли фильтрующие ткани из хлопчатобумажного волокна: фильтродиагональ арт. 2074 (рис. 13) и техническую бязь арт. 592 (рис. 14) с основой на мешковине, которые быстро засорялись, карбонизировались и рвались, что приводило к частым остановкам для переэкипировки вакуум-фильтров с еще не изношенной фильтротканью. Индукционный период, т. е. период, когда фильтрующая ткань почти не

Таблица 22

Ситовый анализ материала, поступающего на фильтрацию

Классы, мм	Проба № 1		Проба № 2	
	выход фракций, %	суммарный выход, %	выход фракций, %	суммарный выход, %
+0,15	1,4	1,4	1,8	1,8
+0,10	4,54	5,94	3,3	5,1
+0,074	7,46	13,40	3,34	8,44
+0,06	30,85	44,25	34,46	42,9
+0,05	16,15	60,40	16,30	59,2
-0,05	39,60	100,0	40,8	100,0
Итого .	100,0		100,0	

Таблица 23

Седиментационный анализ класса -0,05 мм

Классы, мм	Выход, г	Выход, %
+30	22,3	17,2
-30	28,6	22,0
-15	28,6	22,0
-10	15,9	12,0
-5	34,6	26,8
Итого . .	130,0	100,0

Примечание: Высота слоя в процессе анализа составляла 15 см.

меняет своей фильтрующей способности, в среднем составлял для фильтродиагонали всего лишь 12 дней, затем происходило быстрое засорение ткани — карбонизация и ее фильтрующая способность и производительность фильтра резко падали. В среднем общий срок работы фильтродиагонали составлял примерно 25 дней. Дальнейшая работа фильтра без замены фильтроткани была нежелательна, так как производительность фильтра падала почти до нуля, количество твердой фазы в фильтрате возрастало, а степень отмывки раствора снижалась.

Примерно такой же срок службы имела и техническая бязь с подкладочной основой из мешковины.

Установленные на фильтрах мешалки для перемешивания пульпы, поступающей на фильтрацию, в связи с очень большой плотностью и абразивностью пульпы быстро выходили из строя. Поэтому фильтрация на фабрике проводилась без перемешивания пульпы.

Рис. 12. Гранулометрический состав твердой фазы фильтрующей пульпы:

а — суммарный выход частиц; б — выход частиц класса -0.05 мм

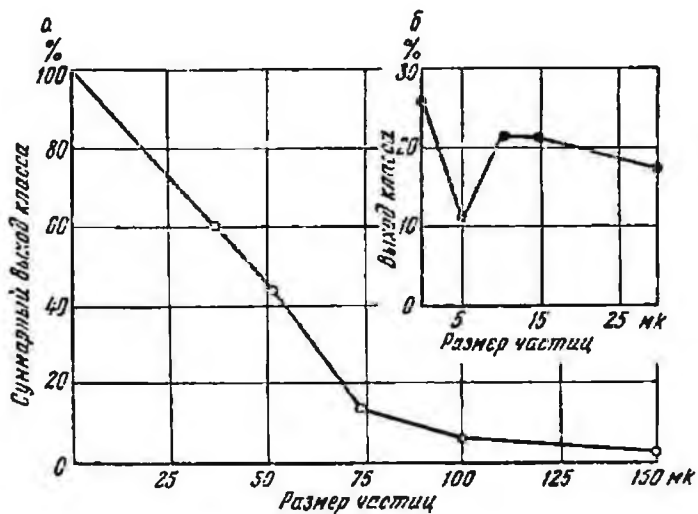


Рис. 13. Стандартная хлопчатобумажная фильтроткань фильтродиагональ арт. 2074

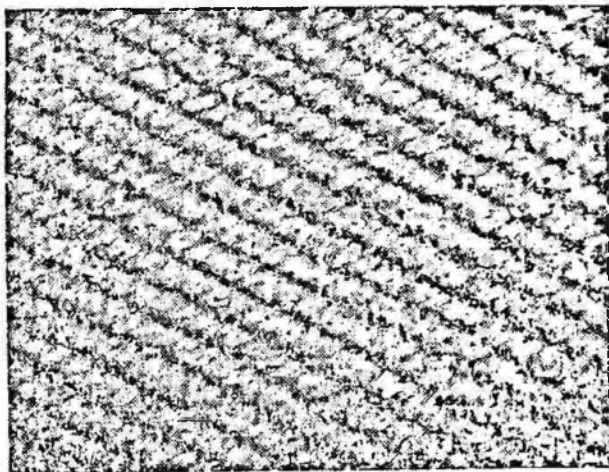
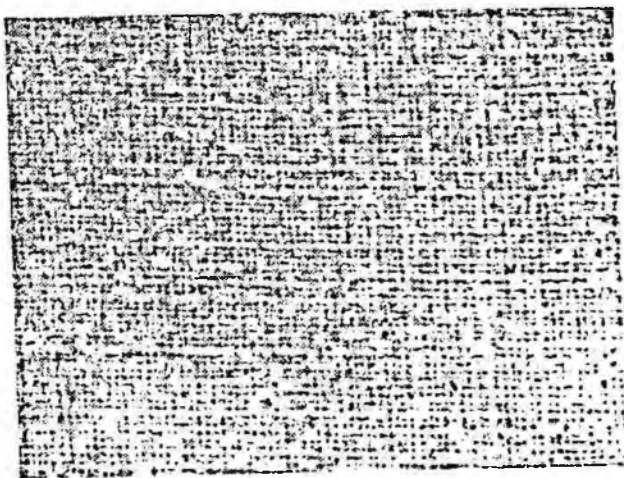


Рис. 14. Хлопчатобумажная фильтроткань арт. 592



3. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ФИЛЬТРОВ И РАЦИОНАЛЬНАЯ ИХ ЭКИПИРОВКА

На секторе отдувки производился отбор проб кеков для определения производительности барабанных вакуум-фильтров в зависимости от типа фильтроткани. Для отбора проб кека использовался специально изготовленный пробоотборник.

При отборе особое внимание уделялось полноте съема кека. При плохом съеме кека отбор пробы повторялся. Проба отбиралась равномерно по всей длине фильтра в течение одного полного оборота фильтра. Суммарная проба состояла из 25 замеров. Площадь каждой отдельно снимаемой пробы пробоотборника составляла 75 см². Отобранная проба взвешивалась и высушивалась. Для определения процента влажности приготовленная проба после высушивания снова взвешивалась. Согласно полученным замерам, влажность промытого кека колебалась от 27 до 29% и равнялась в среднем 28%, а для кека, снятого с фильтра без промывки, влажность составляла в среднем 26%. Таким образом, при применении промывки кека обеззолоченным раствором влажность его увеличивалась на 2—2,5%. При отборе пробы определялось отношение Ж:Т в пульпе, поступающей на фильтрацию.

Для более точного определения производительности фильтра отбирали последовательно две пробы: одна — при включенном промывном устройстве, другая — без промывного устройства, т. е. без промывки кека. При подсчете производительности брался средний вес сухого кека, взятого с промывкой и без промывки. На основании полученных замеров, производительность вакуум-фильтров барабанного типа рассчитывалась по формуле [54, 62]

$$Q = \frac{2AnqF}{1000},$$

где Q — производительность фильтра по твердому, $t/сутки$;

n — скорость вращения барабана фильтра, $об/ч$;

q — удельная производительность фильтра, т. е. количество твердого, которое снимается с 1 м² фильтрующей поверхности фильтра, $кг/м^2$;

F — площадь фильтрующей поверхности, м².

Удельная производительность фильтра по сухому кеку за один полный оборот будет

$$q = \frac{K1000}{mf10000} = \frac{K}{fm10}, \quad кг/м^2,$$

а по влажному кеку

$$q = \frac{K}{fm(1-R)10},$$

где K — вес отдельной пробы, $г$;

f — площадь отбираемой пробы, $см^2$;

m — количество взятых проб;

R — отношение Ж:Т в кеках.

Отсюда производительность фильтра при фильтрующей поверхности 40 м^2 будет равна

$$Q = \frac{0,96nK}{fm(1-R)}$$

Во время отбора проб уровень пульпы в ванне был в пределах 20—23 см от верхнего ее края, т. е. на уровне сливного порога вакуум-фильтра. В случае падения этого уровня отбор пробы прекращался.

В процессе исследования вакуум-фильтры, поставленные под наблюдение, экипировались в следующем порядке. Толстая ткань фильтродиагональ натягивалась непосредственно на решета барабана. Ткань на барабане укрепляли путем пробивки ее в паз без какой-либо подкладочной основы. Тонкую ткань — бязь, капрон, лавсан — укладывали в совокупности с подкладочной тканью на решета фильтра. В качестве подкладочной ткани использовали мешковину арт. 14105 (рис. 15). Укладка тонкой ткани без подкладочного основания непосредственно на решета фильтра с малым «живым» сечением их создает значительное гидравлическое сопротивление при фильтрации, что, в свою очередь, приводит к быстрому износу ткани.

Применение мешковины в качестве подкладочного сплошь пронизываемого основания повысило качество тонкой ткани, имеющей большую пористость и проницаемость, а также малое гидравлическое сопротивление. Однако двойное покрытие тонкой тканью с основой на мешковине увеличивает гидравлическое сопротивление фильтрующей диафрагмы. В этом случае сопротивление ткани необходимо рассматривать в совокупности с фильтрующей основой — мешковиной, которая при этом дополнительно увеличивает прочность тонкой ткани, улучшает улавливание твердых частиц с фильтрата и одновременно дает возможность получить более чистый фильтрат за счет ворсинок, имеющихся на мешковине.

При испытании двойных покрытий тонкой тканью с основой на мешковине экипировка фильтров проводилась пробивкой в паз между решетками мешковины и обертыванием ее поверх легкой тканью — капроном, бязью или другой, либо совместной пробивкой тканей (легкой фильтрующей ткани и мешковины) в паз между решетками. Такие варианты экипировки фильтров помогли найти наиболее выгодные условия работы ткани при различных условиях эксплуатации.

Применение варианта пробивки в паз между решетками одного пронизываемого основания — мешковины с обматыванием поверх легкой тканью значительно увеличивает расход воздуха при работе фильтра и одновременно снижает рабочий вакуум вакуум-фильтра за счет того, что воздух при смене фаз вакуума на давление в секторе отдувки свободно поступает на секцию, находящуюся под вакуумом. При экипировке подобным образом большого коли-

чества вакуум-фильтров резко снижается давление и рабочий вакуум на всех вакуумных магистралях. В качестве фильтроткани при экипировке вакуум-фильтров применяли бязь, капрон и лавсан. Для того чтобы не снижать рабочий вакуум на основных магистралях, 50% всех фильтров экипировали этим способом.

Экипировка фильтров совместной пробивкой в паз легкой ткани и мешковиной улучшила качество работы вакуум-фильтров и снизила расход воздуха. При этом экипировка рабочих



Рис. 15 Подкладочная хлопчатобумажная ткань
пр. 14105

вакуум и давление увеличилось на всех вакуум-фильтрах, но одновременно ухудшился стем кека, особенно в местах, близких к пробитым пазам.

При работе вакуум-фильтров тонкая ткань с основой на мешковине выходит из строя (засоряется, карбонизируется) в течение месяца, но мешковина при этом сохраняет свои качества и может служить при аккуратном обращении и замене фильтротканей до трех месяцев. Поэтому совместная пробивка тонкой ткани и мешковины в паз нежелательна, так как при замене тонкой ткани мешковина рвется и вторичная ее установка на вакуум-фильтре почти невозможна. В случае пробивки в паз одной мешковины можно очень легко провести замену тонкой ткани без снятия и нарушения мешковины.

Такой способ удобен для практических целей, однако для проведения опытов и снятия более точных показателей работы фильтров была принята экипировка фильтротканями путем совместной пробивки в паз подкладочной и фильтровальной тканей.

4. СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ БАРАБАНА ВАКУУМ-ФИЛЬТРА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСС ФИЛЬТРАЦИИ

Исследование влияния оптимальной скорости вращения барабана вакуум-фильтра на процесс фильтрации проводилось при постоянном вакууме 450 мм рт. ст. Вакуум-фильтры, на которых проводили опробование, имели по техническим характеристикам следующие скорости вращения барабана: 15,7; 21,8; 28,3 об/ч.

Влияние различных скоростей на производительность вакуум-фильтров и другие параметры приведены в табл. 24.

Таблица 24

Влияние скорости вращения барабана вакуум-фильтра на производительность при условии полного съема кека

Продолжительность работы ткани, суток	Скорость вращения барабана, об/ч							
	15,7				21,8			
	Фильтродиагональ				Бязь на мешковине			
	Производительность фильтра, т/сутки	Ж: Т в фильтруемой пульпе	Производительность фильтра, т/сутки	Ж: Т в фильтруемой пульпе	Производительность фильтра, т/сутки	Ж: Т в фильтруемой пульпе	Производительность фильтра, т/сутки	Ж: Т в фильтруемой пульпе
1	70,1	1,5	74,7	1,8	80,1	1,4	83,4	1,5
2	69,7	1,5	75,4	1,5	76,4	1,8	82,7	1,7
3	71,2	1,4	73,2	1,8	75,6	1,9	80,3	2,0
4	68,3	1,8	75,1	14	77,4	1,6	81,4	1,8
5	—	—	74,6	15	74,7	2,0	78,7	2,0
6	69,7	1,7	—	—	75,4	1,7	—	—
7	70,3	1,4	71,3	16	—	—	79,5	1,6
8	67,9	1,9	76,4	1,4	83,7	2,0	81,6	1,8
9	68,4	1,9	72,1	1,5	75,4	1,6	80,7	1,6
10	70,8	1,4	70,7	1,6	74,3	1,8	77,9	1,9
11	69,6	1,5	Фильтр остановлен для замены фильтроткани		75,4	1,4	74,7	1,8
12	—	—			74,8	1,6	73,8	1,6
13	65,4	1,6	—	—	73,6	1,6	—	—
14	62,3	1,5	—	—	—	—	71,4	1,5
15	61,6	1,7	—	—	71,4	1,8	71,4	1,5
16	63,4	1,4	—	—	69,7	1,9	65,3	1,7
17	60,1	1,6	—	—	67,4	1,6	Фильтр остановлен для замены фильтроткани	
18	60,9	1,4	—	—	68,7	1,4		
19	—	—	—	—	64,9	1,7	—	—
20	52,7	1,7	—	—	65,8	1,5	—	—
21	49,4	1,8	—	—	—	—	—	—
22	46,7	1,6	—	—	62,3	1,7	—	—
23	41,7	1,9	—	—	61,9	1,5	—	—
24	42,4	1,4	—	—	54,7	1,8	—	—
25	38,7	1,6	—	—	48,4	1,8	—	—
26	—	—	—	—	44,5	1,7	—	—
27	36,4	1,8	—	—	42,1	1,5	—	—
28	32,7	1,8	—	—	—	—	—	—
29	31,6	1,5	—	—	39,8	1,4	—	—
30	33,7	1,4	—	—	36,8	1,6	—	—

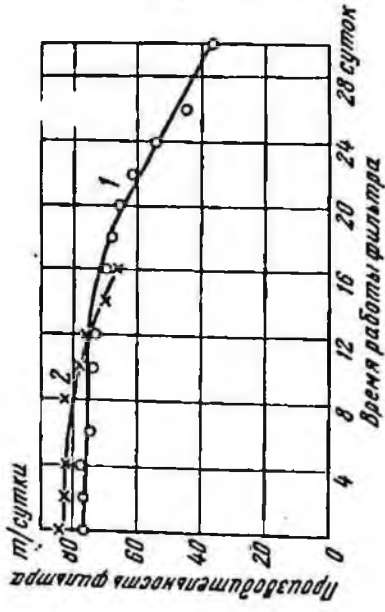


Рис. 16. Зависимость производительности фильтра от времени работы фильтра арт. 7021: 1 — при скорости вращения барабана 15,7 об/мин; 2 — то же, 21,8 об/мин

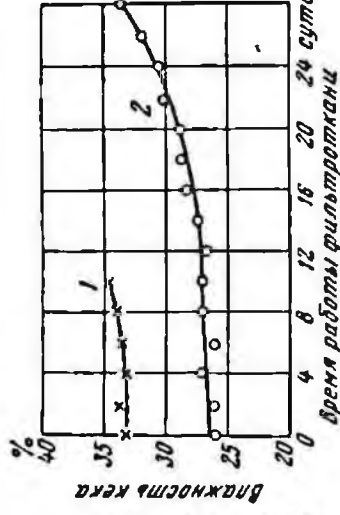


Рис. 18. Зависимость влажности кека от времени работы фильтротканей: 1 — при скорости вращения барабана 15,7 об/мин; 2 — то же, 21,8 об/мин

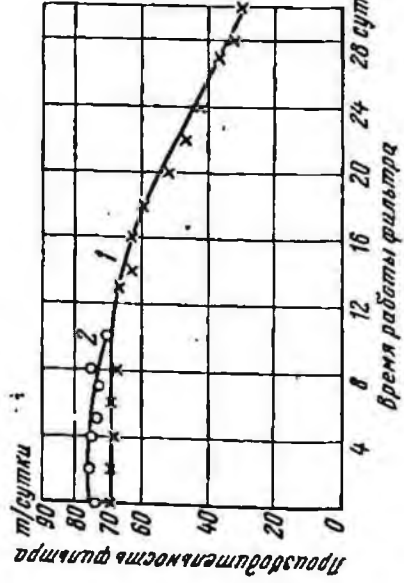


Рис. 17. Зависимость производительности фильтра от времени работы хлопчатобумажной ткани бязь: 1 — при скорости вращения барабана 15,7 об/мин; 2 — то же, 21,8 об/мин

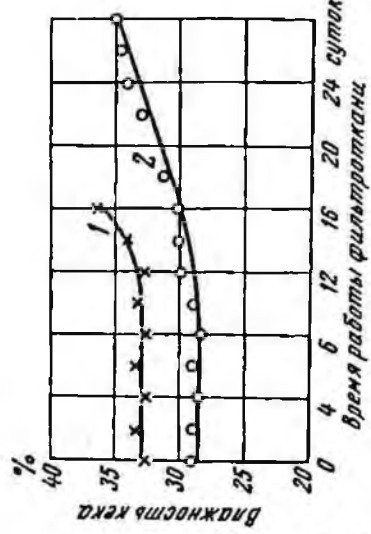


Рис. 19. Зависимость влажности кека от времени работы технической бязи: 1 — при скорости вращения барабана 15,7 об/мин; 2 — то же, 21,8 об/мин

На основании проведенного опробования установлено, что при увеличении скорости вращения барабана (с 15,7 до 21,8 об/ч), экипированного как фильтродиагональю, так и бязью с основой на мешковине, производительность фильтра незначительно возрастает, от 70 до 75 т/ч (рис. 16, 17), но зато резко снижается толщина снимаемого кека (до 4 мм) и повышается его влажность на 7% (рис. 18, 19). Уменьшение толщины слоя кека приводит к очень большому подосу воздуха, особенно при вакууме, превышающем 400 мм рт. ст. Отмечено, что с увеличением скорости вращения барабана сокращается индукционный период работы ткани в два раза, после чего резко падает производительность фильтров. Это указывает на то, что повышенная скорость вращения барабана увеличивает степень засорения фильтротканей (см. рис. 16, 17). При этом срок службы испытываемых тканей сокращается от 30 до 10—15 суток.

Применение повышенной скорости вращения барабана, несмотря на увеличение производительности фильтров, нецелесообразно. В связи с резким ухудшением качества работы вакуум-фильтров, экипированных фильтродиагональю и бязью, с применением скорости вращения 21,8 об/ч испытание новых синтетических фильтротканей на повышенных скоростях не проводилось. При исследованиях синтетических фильтротканей приняли скорость вращения барабана 15,7 об/ч.

5. ЗАВИСИМОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ОТ ТИПА ФИЛЬТРОТКАНИ

Для определения эффективности применения новых синтетических фильтротканей необходимо установить в зависимости от их типа изменение производительности фильтра, степень засорения фильтроткани, влажность кека, срок службы фильтроткани и другие показатели. Характеристика пульпы, величина вакуума и давление отдувки при опробовании выдерживались постоянными. Опробование проводилось параллельно на всех вакуум-фильтрах в течение всего периода их работы. Результаты опробования работы фильтротканей приведены в табл. 25.

При исследовании технологических показателей процесса фильтрации отношение $Ж:Т$ изменялось от 1,4 до 1,9. С увеличением плотности пульпы производительность вакуум-фильтров, экипированных различными фильтротканями, увеличивается по прямолинейному закону (рис. 20). В первый индукционный период работы тканей производительность вакуум-фильтра увеличивается за счет снижения отношения $Ж:Т$ в поступающей пульпе. По мере засорения фильтротканей эту зависимость трудно заметить (см. табл. 24, 25), так как производительность фильтра в этом случае резко снижается.

Зависимость производительности вакуум-фильтра от типа синтетической фильтроткани при условии полного съема кека

Продолжительность работы ткани, суток	Капрон арт. 1528		Капрон арт. 1538*		Лавсан арт. 21710/3	
	Производительность фильтра, т/сутки	Ж : Т в фильтруемой пульпе	Производительность фильтра, т/сутки	Ж : Т в фильтруемой пульпе	Производительность фильтра, т/сутки	Ж : Т в фильтруемой пульпе
1	80,3	1,8	82,3	1,5	71,2	1,4
2	82,7	1,6	80,6	1,7	69,4	1,6
3	84,4	1,4	—	—	68,9	1,8
4	—	—	79,4	1,9	70,1	1,4
5	83,4	1,5	81,2	1,5	—	—
6	82,1	1,6	80,7	1,6	68,7	1,8
7	81,7	1,7	78,9	2,0	70,4	1,4
8	80,2	1,8	81,4	1,5	68,7	1,6
9	85,4	1,4	80,2	1,6	66,2	1,4
10	83,8	1,5	—	—	64,6	1,6
11	—	—	82,6	1,4	62,4	1,7
12	81,2	1,4	79,7	1,8	—	—
13	80,7	1,9	81,2	1,4	60,7	—
14	81,3	1,8	80,3	1,6	57,3	1,8
15	80,9	1,7	78,6	1,8	—	—
16	81,4	1,5	79,9	1,5	56,9	1,6
17	79,8	1,9	—	—	58,1	1,4
18	—	—	80,1	1,5	59,4	1,7
19	80,3	1,6	77,4	1,6	—	—
20	81,2	1,4	74,6	1,6	54,6	1,6
21	79,1	1,8	81,2	1,4	52,7	1,5
22	78,7	1,9	80,3	1,5	53,8	1,7
23	78,4	1,6	79,4	1,6	—	—
24	72,7	1,5	—	—	—	—
25	—	—	80,3	1,4	—	—
26	61,8	1,8	79,6	1,7	—	—
27	62,7	1,4	80,7	1,5	—	—
28	57,9	1,6	79,2	1,6	—	—
29	54,6	1,7	78,1	1,8	—	—
30	48,7	1,5	79,6	1,6	—	—
31	49,8	1,6	—	—	—	—
32	—	—	76,1	1,4	—	—
33	45,4	1,5	72,4	1,6	—	—
34	37,6	1,6	66,2	1,8	—	—
35	40,9	1,6	64,2	1,7	—	—
36	Фильтр остановлен для замены фильтроткани		58,7	1,6	—	—
37			54,2	1,9	—	—
38	—	—	—	—	—	—
39	—	—	45,6	1,7	—	—

* Капрон арт. 1538 через 20 суток работы восстанавливался непосредственно в ванне вакуум-фильтра путем промывки его в растворе соляной кислоты.

Для утяжеленных капроновых тканей арт. 21615 и 22059 с очень большой плотностью результаты опробования не приведены в табл. 24 и 25, так как промышленными опытами было выявлено, что эти ткани не пригодны для фильтрации тонкодисперсных рудных пульп. Ввиду большой плотности тканей данных артикулов капрона набор кека при вакууме 550 мм рт. ст. проходил очень медленно, а его отдувка (при нормальном давлении отдувки 0,2 атм) была недостаточна, даже в первый индукционный период работы ткани. После десятидневной работы ткани отдувка кека почти полностью прекратилась. Было отмечено быстрое перерезание данных сортов капроновой фильтроткани обмоточной проволокой (через два дня работы ткани были обнаружены дыры). Капрон арт. 21615 проработал на фильтре 13 суток, а капрон арт. 22059 — 14 суток. Перерезание происходило в результате скольжения обмоточной проволоки по поверхности фильтра при смене вакуума на давление отдувки.

Совершенно иные результаты были получены при использовании в качестве фильтровального полотна капрона арт. 1528 и 1538 с основой на мешковине. Капроновые фильтроткани по сравнению со старыми хлопчатобумажными фильтротканями типа фильтродиагональ и бязь показали наиболее высокую производительность и малую степень засорения, а также значительно увеличили срок работы фильтра без замены фильтроткани (см. табл. 24 и 25). Производительность фильтра Б-40 при применении капроновых фильтротканей арт. 1528 и 1538 повышается до 81—82 т/сутки вместо 70 т/сутки на стандартной ткани фильтродиагональ.

Известно, что продолжительность срока службы ткани определяется ее износом и засоряемостью. Засоряемость фильтроткани — главный фактор, определяющий технологические показатели процесса фильтрации. С увеличением степени засорения ткани производительность фильтра резко падает. Снижение производительности фильтра указывает на отложение в порах фильтровальной ткани цементирующих веществ, приводящих к существенному снижению проницаемости ткани.

Период, когда фильтрующая ткань почти не меняет своей производительности, для капроновых тканей арт. 1528 и 1538 составил 20 суток, а для фильтродиагонали и бязи всего лишь 12 (рис. 21). После такой продолжительности индукционного периода

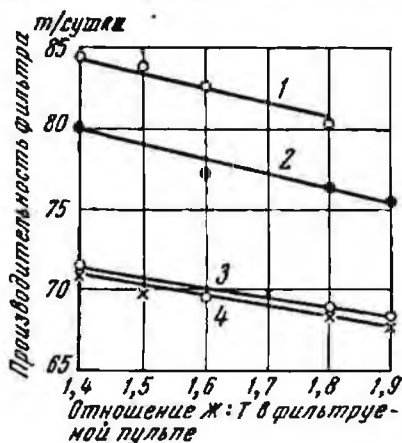


Рис. 20. Влияние плотности пульпы (отношение Ж:Т) на производительность фильтра:

1 — капрон арт. 1528; 2 — техническая бязь; 3 — лавсан; 4 — фильтродиагональ

отмечалось на всех тканях резкое снижение производительности фильтров за счет карбонизации фильтровального полотна.

Проверка влажности кека на различных фильтротканях показала, что кек при фильтрации через капрон арт. 1528 и 1538 имел влажность примерно на 1—2% меньше, чем при фильтрации через

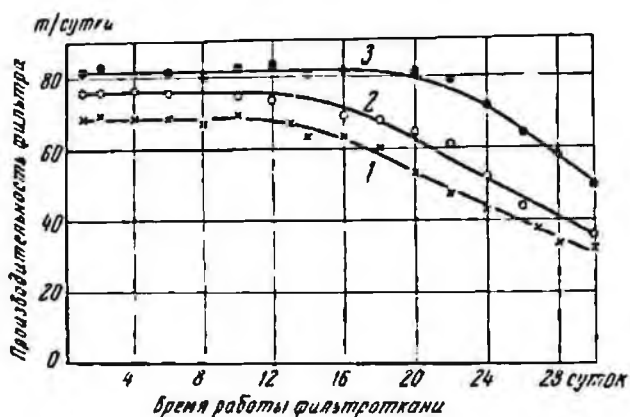


Рис. 21. Зависимость производительности фильтра от времени работы и типа фильтроткани:

1 — фильтродиагональ; 2 — бязь; 3 — капрон арт. 1528

фильтродиагональ (рис. 22). После окончания индукционного периода отмечается некоторое увеличение влажности кека. При наблюдении в цехе за работой фильтров заметили, что фильтр,



Рис. 22. Зависимость влажности кека от времени работы фильтроткани:

1 — капрон арт. 1528; 2 — фильтродиагональ

экипированный капроном, особенно в индукционный период работы ткани, имеет более равномерный и плотный кек, чем кек, полученный на фильтрах, экипированных фильтродиагональю и бязью.

Применение лавсановой фильтроткани арт. 21710/3 не улучшило технологических показателей, полученных с капроновыми фильтротканями, так как отдувка кека при фильтрации была неудовлетворительной ввиду высокой плотности переплетения волокон ткани. Однако фильтроткань из лавсана очень устойчива к истиранию. Испытания на разрыв отработанных ее кусков размером 50×200 мм показали, что лавсановая ткань не теряет своей первоначальной прочности как по основе, так и по утку. Полоска

новой ткани имеет прочность на разрыв по основе 360 кг и по утку 85 кг. После эксплуатации ткани в течение месяца прочность полосы составила по основе 349 кг и по утку 84 кг, поэтому лавсановая фильтроткань после восстановления может быть использована вторично. При фильтрации щелочных пульп лавсановую фильтроткань арт. 21710/3 применять неэффективно. Ее целесообразно использовать при фильтрации кислых пульп, где капроновые фильтроткани неустойчивы.

6. ПОЛНОТА СЪЕМА КЕКА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ФИЛЬТРОВ

Съем кека при испытаниях на различных фильтротканях проходил по-разному. Особенно ухудшалась полнота съема кека на всех испытываемых тканях после их засорения (рис. 23).

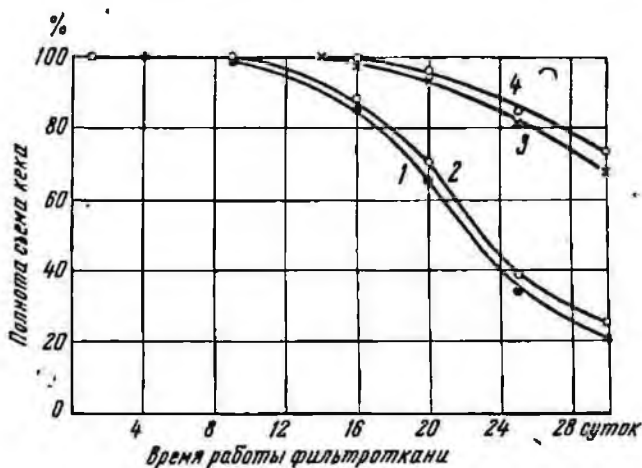


Рис. 23. Зависимость изменения полноты съема кека от типа фильтроткани и времени ее работы: 1 — фильтродиагональ; 2 — бязь; 3 — капрон арт. 1538; 4 — капрон арт. 1528

В первый индукционный период работы полнота съема кека с фильтров составляла 100%. На капроновых тканях арт. 1528 и 1538 съем кека был полным и легким в течение всего индукционного периода, т. е. за время 20-суточной работы фильтротканей. Но с увеличением срока службы ткани съем кека ухудшается и на 30 сутки работы составляет 70%. При применении капроновых фильтротканей арт. 21615 и 22059, плотность которых в шесть раз выше плотности капроновых тканей арт. 1528 и 1538, набор кека проходил очень медленно, а его отдувка недостаточна. На хлопчатобумажной фильтроткани полнота съема кека заметно снижается уже на десятые сутки работы, а на 30-е сутки падает до 20%.

При определении влияния давления воздуха на полноту съема кека и производительность фильтров расход воздуха регулировался перекрытием вентиля на воздухопроводопроводе до такой степени, чтобы обеспечить давление воздуха, подаваемого на отдувку кека, до 0,2 ати (первая серия опытов) и до 0,05 ати (вторая серия опытов).

Полнота съема кека на капроновой ткани при давлении 0,05 *ати* проходила вполне удовлетворительно только в течение первых 10 суток работы фильтра (рис. 24). В последующие дни полнота съема кека значительно ухудшилась. Снижение полноты съема кека при уменьшении давления воздуха указывает на увеличение сопротивления ткани, т. е. ее засорение — карбонизацию.

При эксплуатации капроновой ткани в индукционный период, как показали наблюдения, не рекомендуется снижать давление воздуха для отдувки кека ниже 0,1 *ати*. Обычно давление воздуха на фабрике составляет 0,2 *ати*. Малое давление воздуха (0,05 *ати*) на отдувке кека значительно снижает индукционный период работы всех тканей (рис. 24—26). Повышенное давление 0,3 *ати* применять также нецелесообразно, так как с увеличением этого показателя при отдувке кека заметно возрастает расход воздуха и одновременно увеличивается истирание ткани под обмоточной проволокой за счет сильных изгибов и скольжения обмоточной проволоки по поверхности фильтроткани. Так, например, при увеличении давления воздуха при отдувке кека до 0,4 *ати* уменьшается срок эксплуатации ткани почти в два раза. Для уменьшения истирания капроновых тканей в первоначальный период эксплуатации лучше всего использовать пониженное давление 0,1 *ати*, а затем с появлением засорения фильтроткани необходимо давление отдувки увеличить до 0,2 *ати*.

При работе вакуум-фильтра, экипированном фильтродиагональю, в первые 10 суток полнота съема кека составляла 100% при давлении отдувки 0,2 *ати*. При уменьшении давления до 0,05 *ати* полнота съема кека начала снижаться уже на четвертые сутки работы фильтроткани (см. рис. 25). Когда фильтродиагональ зацементировалась (рис. 27) различными химическими соединениями, полнота съема кека резко снизилась и на 25-е сутки работы фильтроткани она почти полностью прекратилась (см. рис. 25), даже при давлении отдувки в 0,2 *ати*.

Полнота съема кека с вакуум-фильтра, экипированного бязевым покрытием, в зависимости от давления воздуха на отдувке (см. рис. 26) аналогична полноте съема кека с вакуум-фильтра, экипированного фильтродиагональю.

Таким образом, исследования хлопчатобумажных и синтетических фильтротканей показали, что по полноте съема кека наилучшие результаты у капроновых фильтротканей арт. 1528 и 1538, но капрон арт. 1538 во второй период работы несколько снижает полноту съема кека по сравнению с капроном арт. 1528 (см. рис. 23). Это явление объясняется различной плотностью переплетения волокон этих тканей. Воздухопроницаемость капроновой ткани арт. 1528 при давлении воздуха 10 *мм вод. ст.* составляет 96 *л/м²·сек*, а капроновой ткани арт. 1538 — 88 *л/м²·сек*.

При анализе результатов экспериментальных работ, характеризующих производительность фильтров с учетом полноты съема кека, было выяснено, что фактическая производительность фильт-

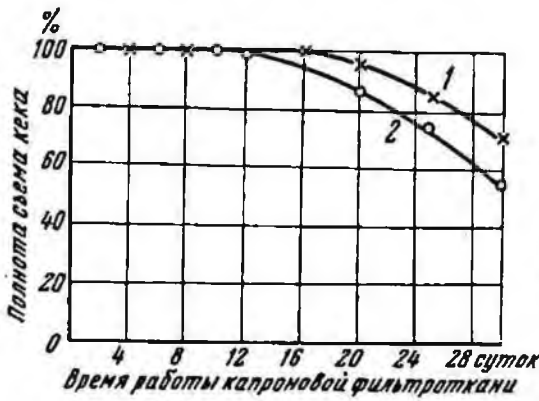


Рис. 24. Изменение полноты съема кека от срока эксплуатации капроновой фильтроткани арт. 1528:
1 — при давлении отдувки 0,2 ат; 2 — то же, 0,05 ат

Рис. 25. Изменение полноты съема кека от срока эксплуатации фильтродиагонали:
1 — при давлении отдувки 0,2 ат; 2 — то же, 0,05 ат

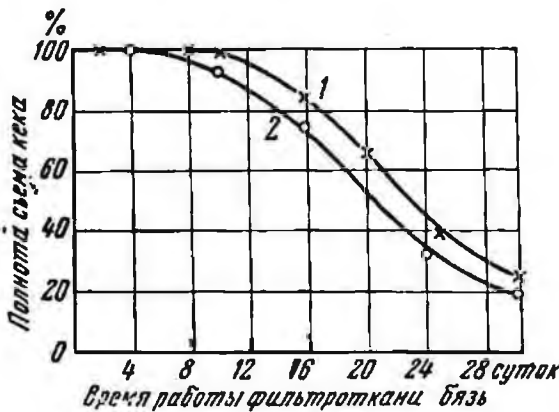


Рис. 26. Изменение полноты съема кека от срока эксплуатации фильтроткани бязь:
1 — при давлении отдувки 0,2 ат; 2 — то же, 0,05 ат

ра при уменьшении полноты съема резко снижается (рис. 28). Данные для построения этой зависимости получены при обработке



Рис. 27. Съем кека с хлопчатобумажной ткани, засоренной в процессе эксплуатации

показателей производительности фильтра на различных типах фильтротканей при условии 100% съема кека (см. рис. 21) и данных полноты съема кека за весь период эксплуатации фильтро-

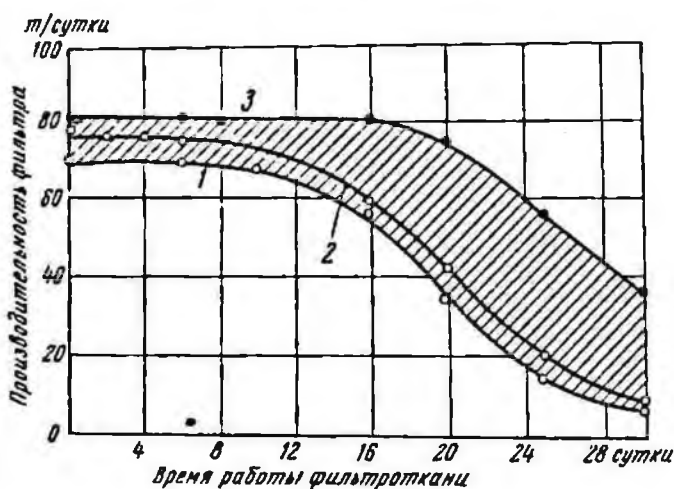


Рис. 28. Влияние типа фильтротканей и срока их эксплуатации на производительность фильтра с учетом полноты съема кека

1 — фильтродиагональ; 2 — техническая бязь; 3 — капрон
арт. 1528

ткани (см. рис. 23). Для фильтродиагонали на 25-е сутки работы производительность составляет не более 25% от исходной, в то время как для капроновой фильтроткани арт. 1528 — 70%.

Капроновая фильтроткань арт. 1528 увеличивает производительность фильтров по сравнению с фильтродиагональю на 30% (см. заштрихованную площадь на рис. 28), а с бязью на 25%.

7. ЗАВИСИМОСТЬ КАЧЕСТВА ФИЛЬТРАТА ОТ ТИПА ФИЛЬТРОТКАНИ И СРОКА ЕЕ РАБОТЫ

Для изучения качества фильтрата, т. е. определения в нем твердых частиц, в период промышленных испытаний проводился отбор проб со всех вакуум-фильтров, находящихся под наблюдением. Для отбора пробы в центре вакуум-трубы, идущей от фильтра до коллектора сбора фильтрата, прорезалось отверстие с резьбой, куда ввертывался пробоотборник, снабженный отрезком шланга с зажимом. Пробоотборник был сконструирован в виде

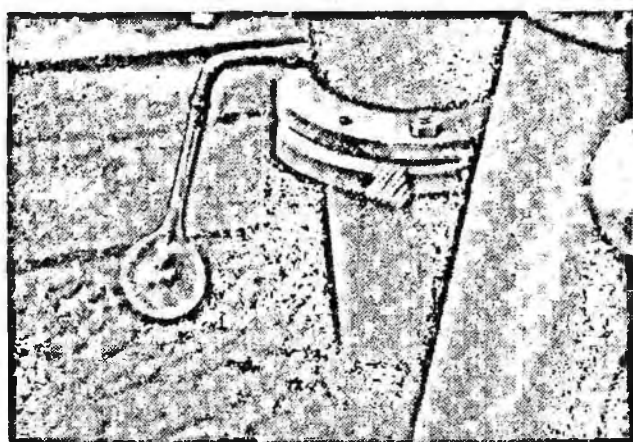


Рис. 29. Отбор пробы фильтрата для определения его качества

цилиндра диаметром 60 мм. Пробы отбирались в мерные полулитровые колбы. При взятии пробы резиновый шланг натягивался плотно на отверстие колбы, чтобы не было подсоса воздуха, а затем открывался зажим. После уравнивания давления в колбе и вакуум-трубе фильтрат постепенно стекал из пробоотборника в колбу (рис. 29). Для наполнения полулитровой колбы требовалось 5—10 мин. Время отбора фильтрата в основном зависело от величины рабочего вакуума на фильтре. Проба с каждого фильтра тщательно перемешивалась, после чего отбиралось 0,25 л фильтрата, который затем выпаривался, а оставшийся при этом осадок твердой фазы высушивался и взвешивался.

Результаты опробования качества фильтрата с применением различных фильтротканей (фильтродиагонали, бязи, капрона арт. 1528, 1538 и лавсана арт. 21710/3) представлены в табл. 26 и 27.

Качество фильтрата на синтетических фильтротканях
при скорости вращения барабана 15,7 об/ч

Продолжи- тельность работы ткани, суток	Капрон арт. 1528 с осно- вой на мешковине		Капрон арт. 1538 с осно- вой на мешковине		Лавсан арт. 21710,3 с осно- вой на мешковине	
	Вес осадка, г/л	Класс —0,074 м.м. %	Вес осадка, г/л	Класс —0,074 м.м. %	Вес осадка, г/л	Класс —0,074 м.м. %
1	0,85	96,5	0,86	95,6	0,76	96,3
2	0,91	95,8	0,83	96,7	0,81	94,6
3	0,89	97,3	—	—	0,78	96,7
4	—	—	0,91	94,5	0,69	97,2
5	0,95	96,8	0,86	95,6	—	—
6	0,98	97,4	0,84	97,4	0,84	95,4
7	0,85	95,3	0,96	95,8	0,86	97,1
8	0,94	94,8	0,76	94,9	0,81	98,2
9	1,02	96,7	0,97	96,3	0,76	96,3
10	1,13	95,8	—	—	0,69	95,6
11	—	—	1,12	97,8	0,74	94,7
12	0,97	94,6	0,85	96,3	—	—
13	0,84	96,7	0,86	94,2	0,86	96,8
14	0,94	97,4	0,79	95,4	0,72	95,6
15	0,87	95,4	0,94	96,7	В связи с плохой отдувкой отбор проб не проводился	
16	1,12	96,3	1,15	95,4		
17	1,44	95,4	—	—	Фильтр остановлен для замены фильтро- ткани	
18	—	—	0,94	97,8		
19	0,82	96,3	0,89	98,1		
20	0,96	95,4	0,76	96,2	0,76	95,4
21	1,24	97,4	0,94	95,7	0,84	96,3
22	0,96	98,1	1,27	96,8	0,87	95,4
23	1,28	96,3	1,34	94,7	Фильтр остановлен для замены фильтро- ткани	
24	1,32	94,6	—	—		
25	—	—	0,96	96,8		
26	1,04	95,8	0,89	95,9		
27	0,96	96,7	1,32	94,7		
28	2,03	97,3	1,47	96,6		
29	2,21	97,6	0,89	95,4		
30	1,04	97,2	0,94	96,3		
31	0,96	96,3	—	—		
32	—	—	2,15	95,8		
33	1,94	95,7	1,54	—		
34	1,45	95,1	2,16	—		
35	0,97	94,6	1,23	—		
36	—	—	0,59	—		
37	—	—	2,41	—		

Качество фильтрата при различных скоростях вращения барабана вакуум-фильтра

Продолжительность работы ткани, суток	Фильтродиагональ				Бязь на мешковине			
	Скорость вращения барабана, об/м							
	15,7		21,8		15,7		21,8	
	Вес осадка, г/л	Класс —0,074 м.м. %	Вес осадка, г/л	Класс —0,074 м.м. %	Вес осадка, г/л	Класс —0,074 м.м. %	Вес осадка, г/л	Класс —0,074 м.м. %
1	0,64	94,5	0,7	96,2	1,73	96,3	1,87	96,4
2	0,75	95,4	0,78	94,9	1,87	94,7	1,92	95,6
3	0,71	94,6	0,82	95,3	1,58	95,8	1,83	96,7
4	0,87	96,2	0,86	96,7	1,45	96,3	1,69	96,8
5	—	—	0,89	97,4	1,71	94,9	—	—
6	—	—	—	—	1,82	95,7	1,92	95,3
7	0,87	95,1	0,91	96,7	—	—	1,73	95,8
8	0,79	95,3	0,87	94,8	1,97	98,3	1,96	96,2
9	0,87	94,9	0,94	95,9	1,72	97,2	2,15	97,3
10	0,93	96,7	1,15	96,3	1,84	96,4	2,45	96,2
11	0,76	97,2	Фильтр остановлен для замены фильтроткани		1,68	96,7	1,96	95,7
12	—	—			1,73	95,9	—	—
13	1,85	96,3			1,95	96,7	2,54	96,1
14	1,74	94,9			—	—	2,78	95,7
15	1,08	95,8			2,68	95,4	1,97	95,4
16	0,96	96,3			1,76	94,7	2,84	95,6
17	1,76	96,8			2,83	96,4	—	—
18	0,87	94,7			3,12	96,2	Фильтр остановлен для замены фильтроткани	
19	—	—			1,87	96,7		
20	2,08	97,2			1,76	95,7		
21	0,84	96,3			—	—		
22	1,96	96,8			1,84	97,1		
23	2,71	95,4			2,15	96,3		
24	0,82	95,9			2,89	95,4		
25	1,67	96,2			3,15	94,7		
26	—	—			1,89	95,4		
27	1,87	96,7			2,15	96,2		
28	2,83	94,9			—	—		
29	1,71	96,5			2,84	96,7		
30	0,87	97,1			2,13	95,9		

Аналогичные опыты по определению качества фильтрата выполнены на капроновых фильтротканях арт. 21615 и 22059, но учитывая то, что фильтроткань из капрона этих артикулов с основой на мешковине быстро перерезалась обмоточной проволокой (через двое суток работы были обнаружены дыры), качество фильтрата для них не приводится.

Как видно из табл. 26 и 27, наиболее чистый фильтрат в первые дни работы дает лавсановая ткань с основой на мешковине, затем по качеству фильтрации стоит капроновая ткань арт. 1528 и 1538 с основой на мешковине. Твердая фаза в фильтрате в среднем за весь период работы ткани составляет 0,8—1,3 г/л. Наибо-

лее худший фильтрат (1,5—2,5 г/л) дает техническая бязь на мешковине.

Фильтродиагональ в первые 10—15 суток работы позволяет получить наиболее качественный фильтрат, при этом твердая фаза его составляет 0,7—0,8 г/л. В дальнейшем с появлением механических повреждений на фильтродиагонали качество фильтрата снижается в 2—3 раза. Такое явление также наблюдается при применении фильтроткани типа бязь. После 20—25 суток работы капроновых тканей арт. 1528 и 1538 качество фильтрата ухудшалось из-за механических повреждений фильтротканей. За весь период работы фильтротканей наиболее эффективными явились лавсановые и капроновые фильтроткани.

Одновременно было изучено качество фильтрата в зависимости от скорости вращения барабана фильтра, экипированного фильтродиагональю и бязью (см. табл. 27). При увеличении скорости вращения барабана фильтра от 15,7 до 21,8 об/ч качество фильтрата снижалось на 0,1—0,2 г/л как при фильтрации через фильтродиагональ, так и при фильтрации через бязь с основой на мешковине. Это объясняется тем, что с увеличением скорости вращения барабана фильтра уменьшается фильтрационный слой осадка и увеличивается время набора первоначального фильтрующего слоя кека, который служит основой для дальнейшего увеличения толщины слоя кека на поверхности фильтрующей ткани.

Для изучения толщины первоначального фильтрующего слоя в первые дни работы фильтроткани при скорости вращения барабана фильтра 15,7 об/ч был проведен седиментационный анализ кека, снятого слоями на различном расстоянии от поверхности ткани. При этом снятый кек с поверхности ткани толщиной 5—6 мм разрезался с помощью лезвия на слои толщиной 1 мм, которые затем подвергались седиментационному анализу. В результате этого анализа автору не удалось обнаружить увеличение толщины первоначального слоя кека, превышающего 1 мм на всех исследуемых фильтротканях, но было отмечено, что на первоначальном фильтрующем слое для различных фильтротканей наблюдался неодинаковый процент более тонких классов. Гранулометрический состав и качество кека в любом слое, за исключением первоначального, одинаковы.

Влияние крупности фильтруемого материала на качество фильтрата при разнотипных фильтротканях обнаружить было трудно, так как в период испытаний крупность фильтруемого материала (класс —0,074 мм) составляла 96—98%. Такое незначительное колебание крупности исходного фильтруемого материала не вызывает изменения качества фильтрата.

Изучение качества фильтрата показало, что при прочих постоянных условиях на содержание твердых частиц в фильтрате существенное влияние оказывает тип фильтротканей и время их эксплуатации. Высокие показатели по качеству фильтрата за время работы фильтра (30 суток) получены на капроновых фильтротканях.

8. СТЕПЕНЬ ОТМЫВКИ ЦЕННОГО КОМПОНЕНТА ОТ КЕКА

На золотоизвлекательной фабрике часть несфлотированного золота извлекается цианированием, т. е. путем растворения цианидом оставшегося золота с последующей фильтрацией этого раствора для отделения от него твердой фазы. При этом дополнительно извлекается в среднем 5—6% золота. Степень отмывки золотого раствора от кека влияет на извлечение. Практически в кеке после фильтрации остается растворенного золота 0,14 г/т и нерастворенного 1,0—1,2 г/т. Без применения промывки

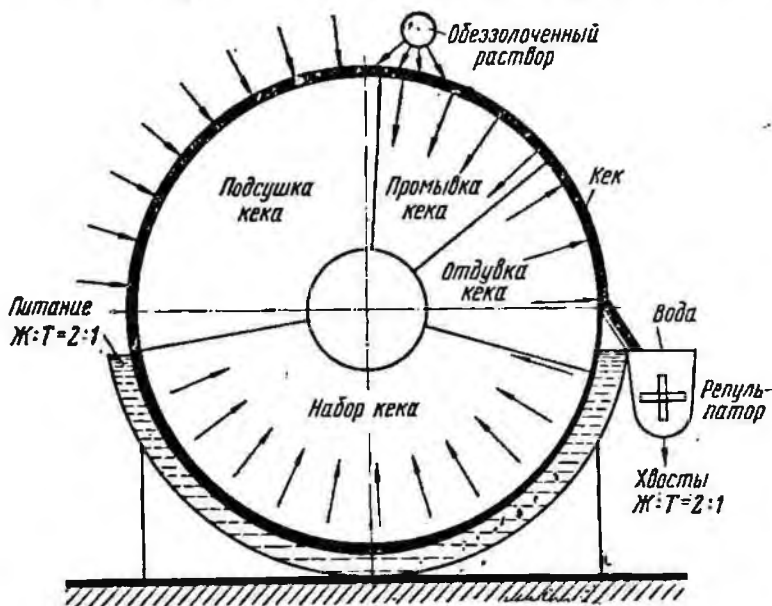


Рис. 30. Расположение зон фильтрации

содержание растворенного золота в кеке увеличивается. В период промышленных испытаний определялось содержание растворенного и нерастворенного золота в кеке ежедневно в течение первых 10 суток работы фильтроткани.

Для определения содержания нерастворенного золота проводилась пятикратная промывка кека в чистой и подщелоченной воде. Кек после промывки высушивали и сдавали на анализ. Содержание растворенного золота определялось как разница между первоначальным его содержанием в кеке до и после промывки. Кек в промышленных условиях обычно промывается обратным раствором — обеззолоченным. Для этого в верхней части барабана установлено промывное устройство. Кек при вращении барабана после предварительной подсушки с помощью этого устройства промывается и переходит на последующую подсушку. Схема расположения зон фильтрации показана на рис. 30.

Промывное устройство на фабрике состояло из трубы, расположенной параллельно барабану фильтра, с 9-ю форсунками, с помощью которых обеззолоченный раствор равномерно разбрызгивался по кеку фильтра. При отборе проб кека проводились замеры промывочного (обеззолоченного) раствора при постоянном расходе воды 15 л в минуту.

Результаты наблюдений показали, что степень отмывки растворенного золота из кека на фильтродиагонали и бязи одинакова и составляет 60—65%. Лучшие результаты по этому показателю получены на капроновых фильтротканях арт. 1528 и 1538, где отмывка растворенного золота равна 63—72%.

9. ВЛИЯНИЕ ВАКУУМА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ФИЛЬТРОВ И ДРУГИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ

Для изучения влияния вакуума на производительность вакуум-фильтров, влажность и толщину слоя кека и степень отмывки ценного компонента были произведены опыты с применением различных типов тканей (фильтродиагональ, бязь, капрон) при переменном значении вакуума. Исследования проводили в первоначальный период работы фильтра, когда ткань еще не засорена. Пробы отбирали на третьи сутки работы тканей.

Первоначальная проба отбиралась при максимальном вакууме 500 мм рт. ст. После отбора первой пробы вентили на вакуум-трубопроводах перекрывались с обеих сторон фильтра с таким расчетом, чтобы снизить вакуум на фильтре до 400, 300 и 200 мм рт. ст. На пониженных значениях вакуума фильтр работал 10 мин для стабилизации процесса, а затем проводился отбор пробы. Для более точного опробования осуществлялся двукратный отбор проб, по результатам которых определялось среднее значение. Результаты опробования приведены в табл. 28.

Таблица 28

Влияние вакуума на производительность и влажность кека

Вакуум, мм рт. ст.	Фильтродиагональ		Капрон арт. 1528		Капрон арт. 1538		Бязь	
	Производительность, т/ч	Влажность, %	Производительность, т/ч	Влажность, %	Производительность, т/ч	Влажность, %	Производительность, т/ч	Влажность, %
500	70,2	27,2	83,4	26,4	82,3	26,9	78,6	28,1
400	65,3	28,3	75,4	28,1	76,2	27,4	74,5	28,9
300	54,6	32,4	69,6	31,9	68,5	34,1	68,1	32,8
200	36,8	40,8	48,4	35,6	42,6	36,3	40,4	38,4

Производительность фильтра во многом определяется величиной вакуума (см. табл. 28). Производительность фильтров интенсивно возрастает при увеличении вакуума до 400 мм на фильтро-

диагонали до 65 т/сутки, технической бязи до 70 т/сутки и капроне до 75 т/сутки. В дальнейшем влияние вакуума на производительность фильтров сказывается менее заметно (рис. 31). Однако повышение вакуума вызывает увеличение производительности вакуум-насосов, что повышает расход электроэнергии и удорожает процесс фильтрации. Поэтому повышенный вакуум при фильтрации не всегда оправдывается экономически.

Трудность поддержания больших значений вакуума также связана с тем, что с увеличением вакуума возрастает подсос воздуха из атмосферы как через слой кека в зоне подсушки и промывки, так и через различные неплотности, имеющиеся в вакуум-трубопроводах. Так на золотоизвлекательной фабрике для создания вакуума в процессе фильтрации установлены вакуум-насосы типа ВН-120, имеющие производительность каждый по 120 м³/мин. Эти насосы на вакуум-ресивере создают разрежение 600 мм рт. ст., но на фильтрах фактически разрежение не превышает 500—550 мм рт. ст.

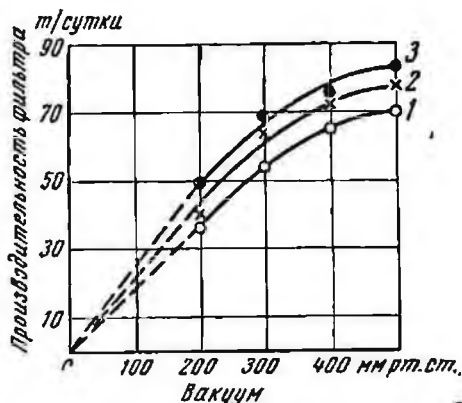


Рис. 31. Влияние вакуума на производительность фильтра:
1 — фильтродиагональ; 2 — бязь; 3 — капрон арт. 1528

Однако с ростом вакуума уменьшается влажность кека, например при вакууме 500 мм рт. ст. влажность составляет 25%, причем снижение влажности кека на всех фильтротканях проходило равномерно (рис. 32). При повышенном вакууме кек получается более толстым, плотным и наиболее сухим. С уменьшением вакуума производительность фильтров, экипированных различными фильтротканями, падает. Одновременно с увеличением вакуума возрастает толщина слоя кека (рис. 33).

Промышленным опытом установлено, что с уменьшением величины вакуума степень отмывки кека немного снижается. При вакууме 200 мм рт. ст. отмывка растворенного золота от кека падает на капроне арт. 1528 на 18%, а на фильтродиагонали — на 21%. При вакууме от 500 до 400 мм рт. ст. разница в степени отмывки на всех фильтротканях не отмечалась. Снижение степени отмывки растворенного золота от кека при малом вакууме можно объяснить тем, что кек на фильтре получается неравномерный, а промывной раствор, подаваемый с помощью форсунок на фильтр, обычно при низком вакууме не разбрызгивается на кеке фильтра, а стекает по нему в определенных местах. В результате этого прорезаются канавки на кеке вплоть до самой ткани, что снижает степень отмывки.

В результате исследований выяснили, что при фильтрации рудных пульп на синтетических фильтротканях нужно поддерживать вакуум в пределах 450—500 мм рт. ст.

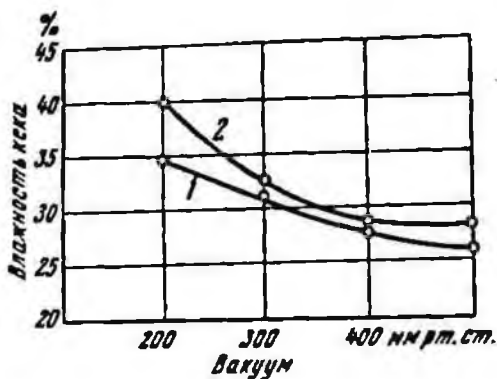


Рис. 32. Зависимость влажности кека от величины вакуума и типа фильтроткани:
1 — капрон арт. 1528; 2 — фильтродиагональ

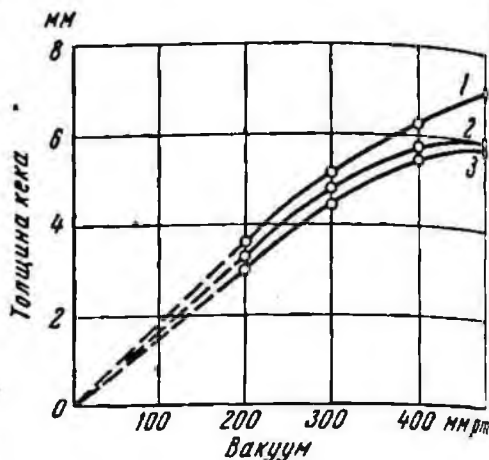


Рис. 33. Зависимость толщины слоя кека от величины вакуума и типа фильтроткани:
1 — капрон арт. 1528; 2 — фильтродиагональ; 3 — лавсан

Выводы

Исследование фильтротканей для фильтрации рудных шламыстых пульп проведено на четырех типах капроновой фильтроткани арт. 1528, 1538, 21615, 22059 и одной лавсановой фильтроткани арт. 21710/3. Одновременно для сравнения проводилось исследование хлопчатобумажных фильтротканей типа фильтродиагональ и бязь.

1. В результате проведенных исследований установлено, что из всех испытанных синтетических фильтротканей наибольший интерес для фильтрации щелочных пульп представляют капроновые фильтроткани арт. 1528 и 1538, которые значительно превосходят по всем основным показателям (производительности, полноте съема кека, влажности, качеству фильтрата) все ранее применявшиеся типы хлопчатобумажных фильтротканей. Рекомендуемые фильтроткани из капрона дали почти по всем показателям идентичные результаты. Однако капрон арт. 1528 по сравнению с капроном арт. 1538 дает съем кека на 1—2% выше. Индукционный период (период, в течение которого фильтр почти не меняет своей производительности) для тонких капронов арт. 1528 и 1538 составляет 20 суток, а для фильтродиагонали — 12 суток. После этой работы отмечалось снижение производительности фильтра как на капроне, так и на фильтродиагонали. Однако на капроновой фильтроткани по сравнению с фильтродиагональю производительность снижалась медленнее и фильтры обеспечивали достаточно высокие показате-

тели. Срок службы фильтродиагонали на фабрике не превышает 25 суток. Капроновые фильтроткани арт. 1528 и 1538 с успехом могут работать 30—35 суток без восстановления проницаемости. Средняя производительность фильтра, экипированного тонким капроном с основой на мешковине, примерно на 25—30% выше, чем на фильтре, экипированном фильтродиагональю, если рассматривать весь период работы фильтроткани. Причем полнота съема кека на капроновой фильтроткани в течение всего времени эксплуатации ткани составляет 95%, а на фильтродиагонали всего лишь 60—65%. Одновременно процесс отмывки растворенного золота из осадков протекает эффективнее на капроне арт. 1528 и 1538, чем на фильтродиагонали.

На основе выполненных исследований можно рекомендовать к широкому внедрению капроновые фильтроткани арт. 1528 и 1538, как отвечающие требованиям процесса фильтрации рудных пульп.

2. Лавсановая фильтроткань арт. 21710/3 при фильтрации щелочных пульп уступает капроновым фильтротканям арт. 1528 и 1538. Фильтрация через лавсан рекомендуется в кислых пульпах, но может быть также применена в щелочных пульпах. Лавсановая фильтроткань обладает высокой прочностью, поэтому может быть неоднократно использована после восстановления.

3. Утяжеленные капроновые фильтроткани арт. 21615 и 22059 с более плотным строением, воздухопроницаемость которых достигает $15 \text{ л/м}^2 \cdot \text{сек}$, не пригодны для фильтрации рудных пульп. При большой плотности капрона арт. 21615 и 22059 набор кека проходит очень медленно, а его отдувка недостаточна.

4. Результаты промышленных испытаний показали, что новые синтетические фильтроткани из капрона и лавсана в меньшей степени подвержены засорению и почти не теряют своей прочности в период работы. Поэтому для этих фильтротканей важно разработать способы их восстановления. Для изыскания путей более рационального использования синтетических фильтротканей необходимо исследовать кинетику и механизм их засорения. Это позволит установить эффективность применения синтетических фильтротканей в зависимости от физико-химического состава фильтруемой пульпы и свойств волокон ткани, а также значительно продлить срок службы фильтроткани и снизить ее расход.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ЗАСОРЕНИЯ ФИЛЬТРОТКАНЕЙ

В ходе опытных работ на обогатительной фабрике было отмечено, что при фильтрации рудных пульп фильтроткани засоряются различными веществами. Образующиеся отложения на поверхности фильтроткани разнообразны по составу и физико-химическим свойствам. Чаще всего они имеют кристаллическую структуру с незначительным количеством аморфных включений. Засоряющие вещества плотно цементируют всю поверхность фильтроткани и резко снижают ее фильтрующие свойства. На рис. 34 и 35 показаны засоренные фильтроткани (капрон арт. 1528 и фильтродиагональ арт. 7024) при фильтрации тонкодисперсных пульп глинисто-кварцевого состава.

Степень засорения фильтроткани обуславливается конкретными условиями фильтрации. Причем состав, структура и количество отложений зависят от физико-химической и гранулометрической характеристик фильтруемой пульпы и свойств волокон фильтротканей. Совершенно очевидно, что довольно разнообразный состав фильтруемых пульп создает сложные физико-химические условия образования осадка на поверхности фильтроткани.

Появившийся осадок на поверхности фильтроткани является главным фактором, лимитирующим срок работы ткани, а также оптимальные условия фильтрации. Между тем причины образования осадка на поверхности фильтроткани раскрыты недостаточно. Механизм засорения фильтроткани рассмотрен лишь в работе [58] применительно к хлопчатобумажным тканям. Закономерности образования цементирующих отложений на новых синтетических фильтротканях не изучены.

Чтобы получить конкретные и реальные представления о механизме засорения синтетических фильтротканей при фильтрации рудных пульп, необходимо подойти к рассмотрению этого вопроса с различных позиций, учитывая условия фильтрации, состав и структуру образующегося осадка на фильтроткани, а также физико-химические свойства волокна фильтроткани и возможные его взаимодействия с пульпой.

С феноменологической точки зрения механизм засорения фильтротканей следует рассматривать и изучать как процесс

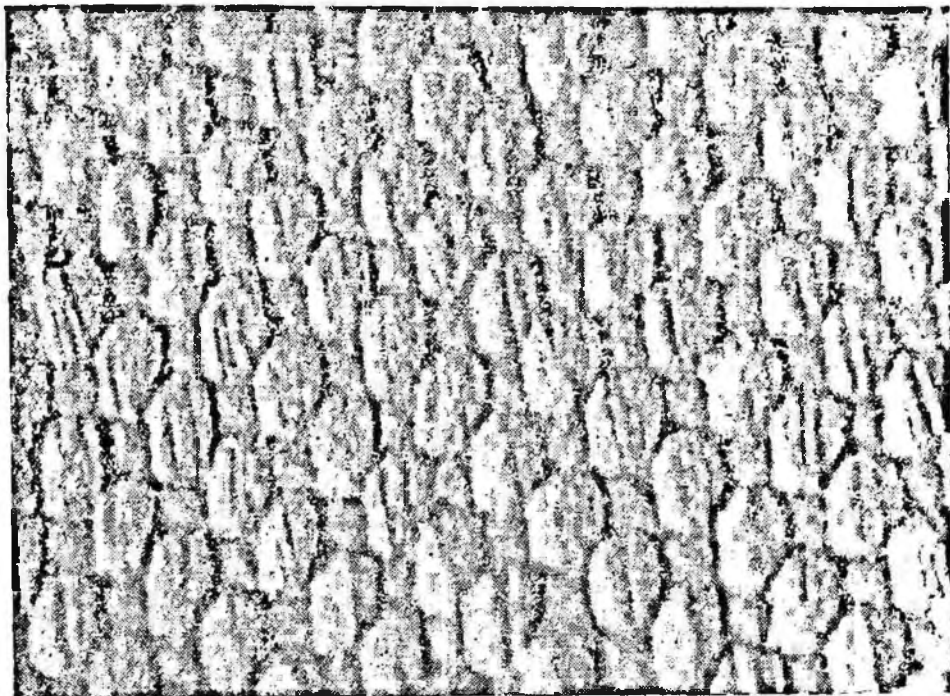


Рис. 34. Засоренная капроновая фильтроткань арт. 1528 после 32-суточной эксплуатации (увеличено в 20 раз)

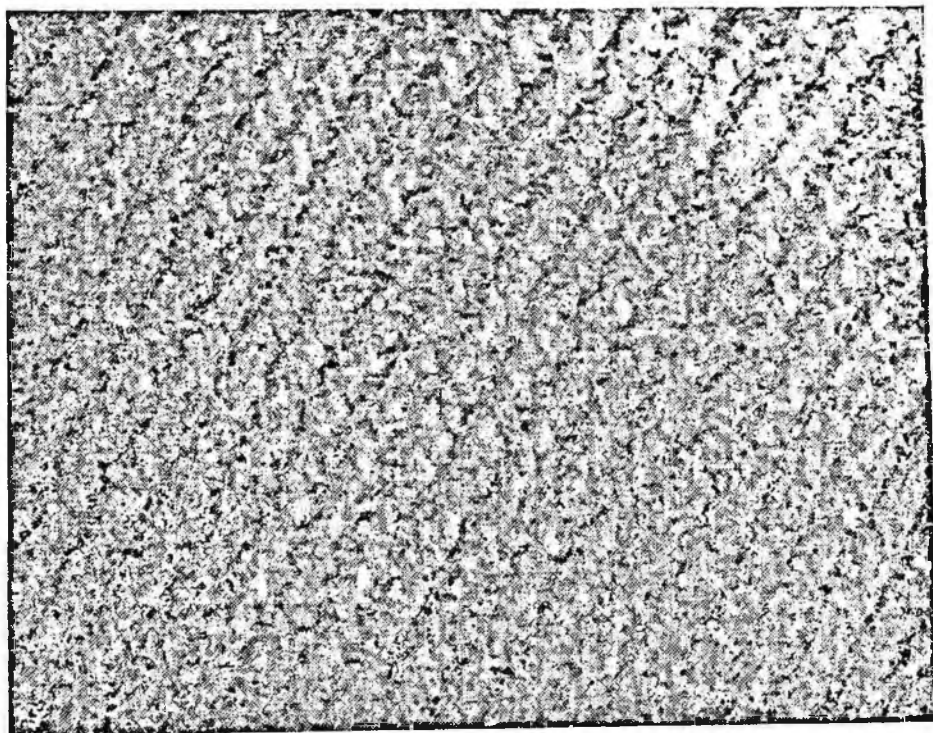


Рис. 35. Засоренная хлопчатобумажная фильтроткань фильтродиагональ арт. 7024 (увеличено в 10 раз)

кристаллизации компонентов из жидкой и твердой фаз пульпы на поверхности фильтротканей, обусловленный изменением констант диссоциации согласно закону действующих масс, который вызван при фильтрации основной движущей дисперсионной силой вакуума или давления. Вместе с тем необходимо выявить влияние специфических свойств фильтротканей на химический состав твердой фазы фильтрата. Правильное представление о механизме засорения фильтротканей, о фазовом и химическом составе осадка позволит определить условия, при которых образующиеся сложные по составу и свойствам отложения на поверхности фильтротканей можно значительно предотвратить.

1. СОСТАВ, СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ, ЗАСОРЯЮЩИХ ФИЛЬТРОТКАНИ

Практика фильтрации рудных пульп показывает, что вещества, засоряющие фильтроткани, по своим свойствам могут быть разного состава. При фильтрации рудных пульп можно выделить на поверхности фильтроткани следующие типы засоряющих веществ:

1. Цементирующие вещества. Это химические продукты кристаллической структуры, полученные на поверхности фильтроткани в результате выделения из жидкой фазы пульпы.

2. Мелкозернистые, телеобразные и всевозможные шламистые включения твердой фазы пульпы. Засорения подобного типа, приближаясь к поверхности фильтротканей в зависимости от размера частиц и скорости их движения, а также от электрокинетического заряда волокна скапливаются на поверхности фильтроткани или проникают внутрь ее при большом вакууме и застревают в порах фильтроткани. Эти отложения также цементируются образующимися продуктами жидкой фазы пульпы.

Мелкозернистые отложения могут быть крупнее или мельче пор фильтроткани. Крупные частицы заземляются под действием движущейся силы вакуума в порах фильтроткани настолько прочно, что при продувке фильтроткани они остаются на месте. Мелкие частицы, размер которых меньше размера пор фильтроткани, застревают на поверхности фильтроткани или внутри пор ее за счет сил сольватации. При продувке они прочно удерживаются на фильтроткани. По мере застревания частиц внутри пор проницаемость фильтроткани начинает падать.

3. Органические отложения веществ, присутствующих в пульпе в виде реагентов. При засорении фильтроткани эти отложения играют малую роль, так как процесс фильтрации, как правило, имеет место после сгущения пульпы. В процессе сгущения значительная часть органических реагентов разрушается, а оставшееся незначительное количество их почти не оказывает влияния на процесс засорения и прочность новых синтетических фильтротканей.

Из рассмотренных типов засорения фильтротканей цементи-

рующие отложения играют основную роль. Процесс образования на поверхности фильтроткани цементирующего осадка определенного химического состава может проходить только в том случае, когда в фильтруемой пульпе присутствуют соответствующие ионы в виде катионов и анионов. При наличии в пульпе катионов или анионов в отдельности на поверхности фильтроткани не образуется труднорастворимый осадок. Обычно появление осадков на поверхности фильтроткани происходит только в присутствии противоположно заряженных ионов. Поэтому для определения веществ, засоряющих фильтроткани, рассмотрим основной комплекс катионов и анионов, содержащихся в пульпе, которые в результате взаимодействия между собой могут образовывать нерастворимые осадки. Среди всех катионов и анионов, находящихся в пульпе, на засорение фильтроткани в основном влияют катионы кальция, магния, железа, алюминия, бария, а также анионы CO_3^- , SO_4^- , SiO_3^- , OH^- , PO_4^- , Cl^- . При фильтрации под действием вакуума изменяются константы диссоциации присутствующих в пульпе веществ. При этом катионы и анионы вступают в реакцию между собой согласно закону действующих масс и образуют нерастворимый кристаллический осадок на поверхности фильтроткани. В табл. 29 показаны основные химические соединения кристаллических осадков, которые могут выпадать на поверхности фильтроткани при взаимодействии катионов и анионов.

Таблица 29

Основные ионы, принимающие участие в образовании кристаллического осадка на поверхности фильтроткани

Катионы	Анионы					
	CO_3^-	SO_4^-	SiO_3^-	OH^-	PO_4^-	Cl^-
Кальций . . .	CaCO_3	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	CaSiO_3	—	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	—
Железо . . .	—	—	FeSiO_3	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	—	—
Алюминий . . .	—	—	—	$\text{Al}(\text{OH})_3$	—	—
Магний . . .	MgCO_3	—	MgSiO_3	—	—	—
Барий . . .	—	BaSO_4	—	—	—	—
Калий . . .	—	—	—	—	—	KCl
Натрий . . .	—	—	—	—	—	NaCl

Из табл. 29 видно, что при фильтрации в зависимости от химического состава фильтруемой пульпы с разным содержанием катионов и анионов на поверхности фильтроткани образуются из жидкой фазы различные виды кристаллических отложений. Основную роль в процессе цементации фильтротканей играют карбонатные (CaCO_3), сульфатные ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), фосфатные [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$]

и силикатные (CaSiO_3) отложения, которые присутствуют почти во всех рудных пульпах. Другие отложения FeSiO_3 , MgSiO_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$ встречаются реже. В пульпе могут присутствовать анионы HCO_3^- , S^{--} , HS^- и другие, а также некоторое количество катионов тяжелых металлов, но и на процесс образования кристаллического осадка они влияют лишь косвенно, изменяя произведения растворимости веществ, отлагающихся на поверхности фильтроткани в виде осадка.

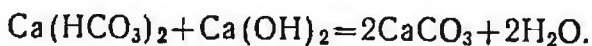
В зависимости от процентного содержания катионов и анионов на поверхности фильтроткани образуются различные цементирующие отложения. Эти отложения можно разделить на:

- карбонатные;
- сульфатные;
- силикатные;
- фосфатные;
- смешанные.

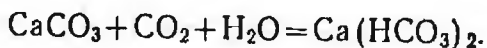
Наибольшее распространение при фильтрации рудных пульп имеют карбонатные отложения. Они, как правило, образуются только в щелочных пульпах, щелочность которых обычно создается известью или содой. Степень кристаллизации осадка на поверхности фильтроткани в значительной мере определяется присутствием бикарбонатных ионов в фильтруемой пульпе. Эти ионы при резком изменении вакуума на поверхности фильтроткани разлагаются по реакции



Разложение бикарбонатного иона зависит от степени насыщения его в пульпе. Известь, присутствуя в растворе пульпы и взаимодействуя с бикарбонатом кальция, образует кальцит по реакции



Процесс образования карбоната кальция при фильтрации очень сложный и зависит от различных факторов. Иногда в зависимости от pH среды и других факторов может происходить растворение карбоната кальция по реакции



Труднорастворимые сульфатные отложения чаще всего образуются при фильтрации кислых пульп с большим количеством сульфатных анионов. Эти анионы образуют с катионами кальция труднорастворимый осадок — гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), который плотно цементирует поверхность фильтроткани и этим значительно сни-

жает ее фильтрационные свойства. Зацементированные гипсовыми отложениями фильтроткани очень плохо восстанавливаются [62].

Отложения на силикатной основе образуются при фильтрации щелочных и некоторых кислых пульп или концентратов, имеющих в своем составе растворимые силикаты и кремневую кислоту. Силикатные отложения чаще всего образуются только в том случае, когда при предварительной обработке пульп добавляют жидкое стекло. Эти отложения могут образоваться также в результате выщелачивания каолиновых взвесей и других силикатных компонентов, присутствующих в пульпе, например кремневой кислоты. Характерной особенностью силикатных компонентов является то, что они в рудной пульпе обычно находятся в коллоидном состоянии в виде $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$.

Из фосфатных отложений на фильтроткани образуется осадок фосфорита в виде $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ в результате взаимодействия присутствующих в пульпе ионов Ca^{++} и PO_4^{---} .

Смешанные отложения — это такие отложения, у которых цементирующая основа состоит из карбонатных, сульфатных, силикатных и других отложений в виде гидроокиси железа, алюминия и др. Процентное содержание составляющих компонентов этих отложений может быть самое различное.

При фильтрации определенной категории пульпы появляется один из видов рассмотренных цементирующих отложений. При фильтрации щелочных пульп в процессе обогащения и гидрометаллургии фильтроткани обычно засоряются карбонатным отложением (кальцитом). В гидрометаллургии урана при фильтрации пульп после их серноокислотного выщелачивания фильтроткани цементируются сульфатным отложением (гипсом). Силикатные отложения на поверхности фильтроткани чаще всего отлагаются при переработке красного шлама на глиноземных заводах. Фосфатные отложения образуются на поверхности фильтроткани при фильтрации фосфоритных и некоторых редкометалльных руд. Смешанные отложения на поверхности фильтроткани возникают только в специфических условиях. Так, в металлургическом цехе Норильского комбината получают железистые осадки, содержащие большое количество никеля. Фильтрация этих кеков на фильтрпрессах протекает неудовлетворительно вследствие быстрой цементации фильтроткани гидроокисью железа, что приводит к большим потерям никеля. Для снижения степени засорения фильтроткани гидроокисью и увеличения извлечения никеля фильтрацию осадков проводят совместно с никелевым флотационным концентратом. Такое смешивание железистых осадков с флотационным концентратом позволило улучшить условия фильтрации [27].

В практике при фильтрации рудных пульп сульфатные, силикатные, фосфатные и смешанные отложения по сравнению с карбонатными незначительно распространены.

2. ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ ФИЛЬТРАЦИИ И ОТЛОЖЕНИИ ВЕЩЕСТВ, ЗАСОРЯЮЩИХ ФИЛЬТРОТКАНИ

В промышленных и лабораторных условиях изучали физико-химический состав продуктов фильтрации и засоряющих отложений на различных фильтротканях. В процессе исследования подвергали химическому анализу все продукты фильтрации и анализировали жидкую и твердую фазы пульпы. Подробно был изучен кристаллический осадок, образующийся на поверхности хлопчатобумажных и синтетических фильтротканей, его структура, химический состав и свойства.

В течение месяца отбирали пробы компонентов твердой фазы фильтруемой пульпы. Химический состав проб приведен в табл. 30.

Таблица 30

Химический анализ твердой фазы пульпы

Компоненты	Содержание, %	Компоненты	Содержание, %
Окись алюминия	7,96	Мышьяк	0,075
Окись кремния	80,45	Сера	0,27
Окись железа	3,23	Цинк	0,008
Окись кальция	1,46	Медь	Следы

Был проведен также полный химический анализ жидкой фазы пульпы, т. е. фильтрата, полученного в процессе фильтрации, и оборотного раствора, который используется при фильтрации для промывки кека на фильтре для получения наиболее полного извлечения ценного компонента из кека. Результаты анализов приведены в табл. 31.

Из табл. 30 и 31, а также ранее приведенных табл. 22 и 23 видно, что фильтруемая пульпа имеет довольно разнообразный химический состав, причем твердая фаза ее состоит в основном из тонкоизмельченного шламистого материала с содержанием частиц — 0,05 мм до 40%.

Безусловно, при фильтрации такой пульпы в процессе изменения динамических условий под действием вакуума возникают сложные физико-химические явления, в результате которых происходит образование новых и разложение присутствующих в пульпе химических веществ, что, несомненно, оказывает существенное влияние на засорение фильтротканей. Поэтому химический состав кристаллических отложений будет отличаться от химического состава фильтруемой пульпы. При этом состав отложений будет зависеть не только от условий фильтрации, химического и гранулометрического состава фильтруемых пульп, но и физико-

Таблица 31

Химический анализ фильтрата и оборотного раствора, мг/л

Компоненты	Оборотный раствор	Фильтрат
Кальций	195,0	201,0
Магний	31,8	3,6
Сульфаты	260,89	279,0
Золото	Следы	60—100
Окись алюминия	31,2	42,3
Окись кремния	3,5	4,6
Железо	0,37	0,5
Медь	3,1	2,32
Цинк	15,0	2,2
Свинец	8,25	1,25
Мышьяк	0,5	0,5
Ион CN^-	28,94	33,72
Ион HCN^-	58,5	89,75
Прокаленный остаток	848,0	804,0
Сухой остаток	1074,0	1072,0
pH	10,5	10,9
Общая жесткость, мг. экв/л	11,1	10,2
Потери при прокаливании	226,0	268,0

химических свойств волокна фильтроткани. Следовательно, для выявления возможных взаимосвязей между фильтруемой пульпой, кристаллическим осадком на ткани и физико-химическими свойствами волокна необходимо детальное изучение образующихся на поверхности фильтротканей отложений.

Исследование только химического состава отложений, снятых с поверхности фильтротканей, совершенно не дает никакого представления о фазовом составе этих отложений, так как химико-аналитические методы позволяют лишь определить общее содержание химических элементов в осадке. По химическому составу практически очень трудно, а в большинстве случаев и невозможно, установить из каких химических соединений (фаз) и в каком количестве состоит данный кристаллический осадок, снятый с поверхности засоренной фильтроткани. Поэтому необходимо детально изучить фазовый состав этих отложений, что можно решить только с применением новых, современных физико-химических методов исследования.

Рентгенометрическое исследование осадков, отлагающихся на поверхности фильтроткани

Среди существующих физико-химических методов исследований для определения фазового состава и структуры кристаллических решеток отложений, образующихся на поверхности фильтро-

казали при фильтрации рудных пульп, наибольший интерес представляет рентгенометрический метод.

Этот метод основан на том, что каждое кристаллическое вещество характеризуется определенным, только для него присущим межплоскостным расстоянием d , которое устанавливается по длине волны λ и углу отражения θ , на основе промера рентгенограмм. Так как из одной и той же системы атомных плоскостей на рентгенограмме получаются несколько отражений, отличающихся между собой порядком отражения n , то для определения фазового состава осадка, отлагающегося на фильтроткани, воспользуемся величиной $\frac{d}{n}$, равной согласно формуле Вульфа-Брэгга

$$\frac{d}{n} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}.$$

Угол отражения θ устанавливался по эмпирической зависимости

$$\theta = kl,$$

где l — расстояние от нулевой точки до линии на рентгенограмме; k — коэффициент, учитывающий радиус кассеты, он устанавливался нами по данным промера расстояний на рентгенограмме между центрами прохода рентгеновского луча равным 0,99.

Поскольку в качестве анода применяется хромовый излучатель, то для волны была принята для α -излучения $\lambda_1 = 2,255 \text{ \AA}$ и для β -излучения $\lambda_2 = 2,08 \text{ \AA}$. Затем, зная межплоскостные расстояния $\frac{d}{n}$, определялись по данным табл. 34 вещества, из которого состоит исследуемый образец осадка, снятого с поверхности фильтроткани.

Для выявления фазового состава кристаллических отложений, образующихся на поверхности фильтротканей, применен рентгенометрический метод порошка (Дебая). Этот метод позволяет определить на фильтроткани фазовый состав кристаллических отложений в естественном виде без какой-либо предварительной обработки, вызывающей, как правило, значительное изменение фазового состава исследуемых отложений. Он дает возможность изучить с достаточной точностью фазовый состав и структуру отложений на очень малом количестве вещества, состоящего из большого количества равнообразных кристаллических фаз, а также определить размер и структуру кристаллической решетки отдельных отложений, образующихся на поверхности фильтротканей при фильтрации рудных пульп.

Основа с помощью рентгенометрического метода выявления структуры отдельных кристаллических фаз, присутствующих на поверхности фильтротканей. Поскольку при фильтрации пульпы через фильтроткань в осадочном концентрате не образуются кристаллические фазы, а кристаллические фазы выделяются из пульпы осадком в процессе фильтрации, то

рентгенометрическим методом можно выяснить основные закономерности процесса засорения фильтротканей с различными свойствами волокна.

Исследование выполнено на трех образцах фильтротканей с различной структурой ткани и разными физико-химическими свойствами волокон (капрон арт. 1528, 1538 и фильтродиагональ арт. 7024), полностью засоренных в промышленных условиях при фильтрации щелочных пульп. Причем время засорения всех изучаемых фильтротканей было одинаковым. По внешнему виду на всех фильтротканях кристаллические отложения представляли собой корковые образования темно-серого цвета толщиной около 1 мм, прочно сцементировавшие поверхность фильтротканей (см. рис. 34 и 35).

Для рентгенометрического фазового анализа кристаллический осадок с поверхности фильтротканей снимали механическим путем. Перед снятием осадка засоренная фильтроткань тщательно промывалась и высушивалась. Полученный с поверхности фильтроткани кристаллический порошок осадка смачивался цапон-лаком для склеивания и наносился ровным слоем на очень тонкую стеклянную нить. Приготовленный таким образом образец в виде цилиндрика диаметром 0,3 мм и длиной около 10 мм вставлялся в рентгеновскую камеру РКД диаметром 57,3 см. После установки и укрепления образца камера заряжалась рентгеновской пленкой и устанавливалась на оперативный стол рентгеновского аппарата УРС-55. Съемка велась при асимметричном расположении пленки в камере. Время экспозиции, учитывая химический состав фильтруемой пульпы, было принято 7 ч.

Для сравнения результатов рентгенометрического анализа отложений, образующихся на поверхности фильтротканей, была снята по аналогичной методике рентгенограмма кека, полученного в процессе фильтрации (рис. 36).

На рис. 37, 38, 39 показаны рентгенограммы кристаллических осадков засоренных фильтротканей. Из представленных рентгенограмм видно, что фазовый состав кристаллических отложений, снятых с поверхности фильтротканей, резко отличается от фазового состава фильтруемого кека. Причем этот состав в значительной степени определяется физико-химическими свойствами волокна. Так, рентгенограммы с капроновых фильтротканей (см. рис. 38, 39) по внешнему виду ничем не отличаются между собой, в то время как рентгенограмма кристаллического осадка с хлопчатобумажной фильтроткани (см. рис. 37) в значительной степени отличается от рентгенограмм осадков, снятых с капроновых фильтротканей. Различная интенсивность одинаковых линий на рентгенограммах разнотипных фильтротканей указывает на то, что на рассматриваемых фильтротканях процентное соотношение химических компонентов отложений неодинаково. Более яркие линии свидетельствуют о том, что данное вещество присутствует в осадке в большем количестве.

На рентгенограммах осадков, полученных с фильтротканей, появились новые линии, которые отсутствовали на рентгенограмме фильтруемого кека. Это показывает, что при фильтрации поверхность фильтротканей засоряется не только тонкоизмельченными

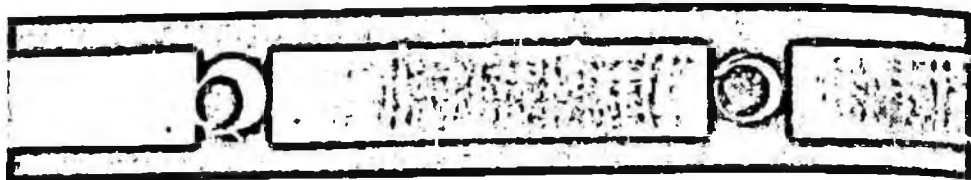


Рис. 36. Рентгенограмма фильтруемого кека

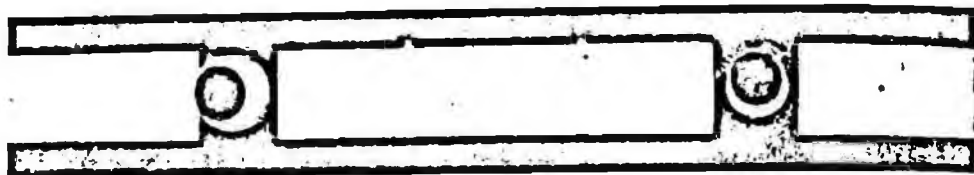


Рис. 37. Рентгенограмма кристаллического осадка, снятого с хлопчатобумажной фильтроткани арт. 7024

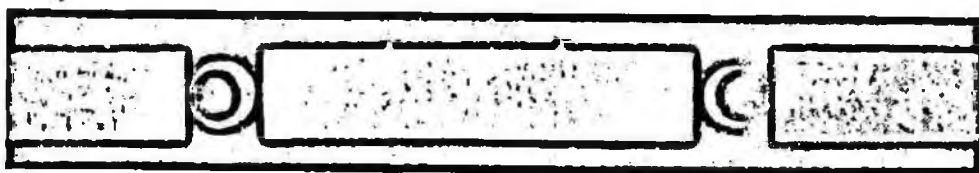


Рис. 38. Рентгенограмма кристаллического осадка, снятого с капроновой фильтроткани арт. 1528

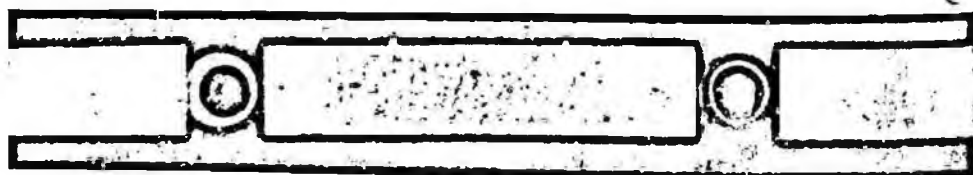


Рис. 39. Рентгенограмма кристаллического осадка, снятого с капроновой фильтроткани арт. 1538

дисперсными частицами твердой фазы пульпы, но и кристаллическими частицами, выделяющимися из жидкой фазы пульпы. По рентгеновским линиям видно, что количество этих частиц откладывается на поверхности фильтротканей значительно больше, чем частиц из твердой фазы пульпы.

Для определения фазового состава и структуры частиц, отлагающихся на фильтроткани как из жидкой, так и твердой состав-

ляющих частей пульпы, произведена детальная расшифровка рентгенограмм, согласно приведенной методике, позволяющей на основе установления межплоскостного расстояния кристаллических решеток веществ выяснить характер засоряющих отложений.

Основные расчетные данные, полученные при расшифровке рентгенограмм, приведены в табл. 32. В этой таблице рассчитаны расстояния и тип линии для фильтруемого кека (рентгенограмма № 4), а также осадков, снятых с фильтродиагонали (рентгенограмма № 1) и капроновых фильтротканей (рентгенограммы № 2 и 3). Для анализа отложений, засоряющих фильтроткани, из расшифрованных рентгенограмм произведена выборка межплоскостных расстояний с учетом типа и интенсивности их линий как для веществ, отложившихся из твердой, так и жидкой фаз пульпы. Эти данные приведены в табл. 33 и 34. Кроме того, в эти же таблицы включены эталонные показатели веществ с аналогичными межплоскостными расстояниями и типом линий, найденные по рентгенометрическому определителю минералов [34].

Как видно из табл. 33, межплоскостные расстояния кристаллических решеток и тип линий оказались одинаковыми для всех осадков с разных фильтротканей. Это говорит о том, что из твердой фазы пульпы поверхность фильтроткани сорбирует одни и те же вещества. Сравнивая полученные межплоскостные расстояния с аналогичными межплоскостными расстояниями по рентгенометрическому определителю минералов, было установлено, что вещество, отлагающееся из твердой фазы пульпы на поверхности фильтроткани, представлено кристаллами кварца тригональной сингонии.

Фактические межплоскостные расстояния в двух случаях несколько не совпали с эталонными (см. в табл. 33 плоскости $10\bar{1}0$ и $10\bar{1}1$). Это можно объяснить наличием дефекта в кристаллической решетке, обуславливающего включение изоморфных примесей.

Из табл. 33 также видно, что интенсивность линий, характеризующих количество данных отложений на фильтроткани, зависит от физико-химического свойства волокна. Это подтверждается тем, что на фильтродиагонали интенсивность линий значительно выше, чем на капроне. Структура ткани (характер переплетений, толщина нити, крутка нити и др.) на количество осадка, отлагающегося из твердой фазы, не оказывает влияния. Несмотря на различную структуру капроновых тканей арт. 1528 и 1538, интенсивность всех выявленных линий на рентгенограммах этих тканей одинакова. Так как интенсивность линий на капроновых фильтротканях меньше, чем на фильтродиагонали, следовательно, капрон по сравнению с фильтродиагональю менее подвержен засорению частицами твердой фазы пульпы.

Анализируя основные параметры кристаллических решеток веществ, отлагающихся на поверхности фильтроткани в виде кристаллов из жидкой фазы пульпы (см. табл. 34), видно, что

Таблица 32

Расчет основных линий рентгенограмм осадков, снятых с поверхности засоренных фильтротканей и фильтруемого кека

№ пп	Интенсивность	Расстояние от нулевой точки до линии, мм		n	sin n	Тип линии	d/n
		l	l'				

Рентгенограмма № 4, рис. 36

1	3	16,0	—	15°48'	0,273	α	4,17
2	4	18,6	—	18°24'	0,316	β	3,30
3	8	20,2	—	20°00'	0,342	α	3,28
4	2	28,1	—	27°48'	0,466	α	2,45
5	2	30,5	—	30°18'	0,504	α	2,28
6	2	33,5	—	33°12'	0,547	α	2,13
7	2	36,1	—	35°48'	0,585	β	1,79
8	6	39,8	—	39°24'	0,635	α	1,80
9	2	44,0	—	43°36'	0,689	α	1,66
10	4	48,5	134,5	48°06'	0,744	α	1,54
11	2	52,8	130,3	52°18'	0,791	α	1,45
12	6	57,3	125,6	56°42'	0,835	α	1,37
13	1	61,5	111,6	60°54'	0,874	β	1,18
14	2	64,0	119,0	60°24'	0,894	α	1,28
15	3	66,5	116,1	65°48'	0,912	α	1,25
16	3	70,0	113,0	69°18'	0,935	α	1,23
17	6	74,0	109,0	73°18'	0,958	α	1,18
18	5	77,0	106,0	76°12'	0,971	α	1,17

Рентгенограмма № 1, рис. 37

1	1	16,0	—	15°48'	0,273	α	4,17
2	3	18,6	—	18°24'	0,316	β	3,30
3	7	20,2	—	20°00'	0,342	α	3,28
4	4	22,5	—	27°18'	0,379	α	3,01
5	2	28,1	—	27°48'	0,466	α	2,45
6	3	30,5	—	30°18'	0,507	α	2,26
7	3	33,5	—	33°18'	0,547	α	2,13
8	1	36,1	—	35°48'	0,585	β	1,79
9	2	37,0	—	36°36'	0,597	α	1,92
10	2	38,3	—	37°54'	0,614	α	1,86
11	2	39,8	—	39°24'	0,635	α	1,80
12	1	44,0	—	43°36'	0,689	α	1,66
13	1	46,0	—	45°30'	0,713	α	1,60
14	2	48,5	134,5	48°06'	0,744	α	1,54
15	1	52,8	130,0	52°18'	0,791	α	1,45
16	2	57,3	125,6	56°42'	0,835	α	1,37
17	1	64,0	119,0	60°24'	0,894	α	1,28
18	1	66,5	116,1	65°48'	0,912	α	1,25
19	1	70,0	113,0	69°18'	0,935	α	1,23
20	3	74,0	109,0	73°18'	0,958	α	1,18
21	2	77,0	106,0	76°12'	0,971	α	1,17

Рентгенограмма № 2, рис. 38

1	4	20,2	—	20°00'	0,342	α	3,28
2	4	22,5	—	22°18'	0,379	α	3,01
3	1	28,1	—	27°48'	0,466	α	2,45

№ п/п	Интенсивность	Расстояние от цулевой точки до линии, м.м		h	sin h	Тип линии	$\frac{d}{n}$
		l	l'				
4	1	30,5	—	30°12'	0,504	α	2,28
5	1	33,5	—	33°12'	0,547	α	2,13
6	1	37,0	—	36°36'	0,597	α	1,92
7	1	38,3	—	37°54'	0,614	α	1,86
8	1	39,8	—	39°24'	0,635	α	1,80
9	1	46,0	—	45°30'	0,713	α	1,60
10	1	48,5	134,5	48°06'	0,744	α	1,54
11	1	57,3	125,6	56°42'	0,835	α	1,37
12	1	64,0	119,0	60°24'	0,894	α	1,28
13	1	70,0	113,0	69°18'	0,935	α	1,25

Рентгенограмма № 3, рис. 39

1	4	20,2	—	20°00'	0,342	α	3,28
2	4	22,5	—	22°18'	0,379	α	3,01
3	1	28,1	—	27°48'	0,466	α	2,45
4	1	30,5	—	30°18'	0,504	α	2,28
5	1	33,5	—	33°12'	0,547	α	2,13
6	1	37,0	—	36°36'	0,597	α	1,92
7	1	38,3	—	37°54'	0,614	α	1,86
8	1	39,8	—	39°24'	0,635	α	1,80
9	1	46,0	—	45°30'	0,713	α	1,60
10	1	48,5	134,5	48°06'	0,744	α	1,54
11	1	57,3	125,6	56°42'	0,835	α	1,37
12	1	70,0	113,0	69°18'	0,935	α	1,25

межплоскостные расстояния для каждой линии на всех осадках, снятых с различных типов тканей, остались постоянными. Это свидетельствует о кристаллизации из жидкой фазы пульпы одного и того же вещества на фильтротканях. По рентгенометрическому определителю, исходя из фактических межплоскостных расстояний и типа линий, найдено, что это вещество представляет собой кальцит тригональной сингонии. Кристаллическая решетка тригональной модификации кальцита показана на рис. 40. Такая решетка является довольно устойчивой, обладает малой растворимостью и в процессе фильтрации приводит к быстрому засорению фильтроткани кальцитом.

Было обнаружено, что в плоскости $10\bar{1}4$ одно межплоскостное расстояние кальцита незначительно отклонилось (эталонное 3,029, фактическое 3,01). Такое отклонение межплоскостного расстояния показывает [81], что в данной кристаллической решетке кальцита содержится небольшое количество магнезита ($MgCO_3$). При межплоскостном расстоянии 3,01 магнезит в кристаллической решетке кальцита составляет всего лишь 8% (рис. 41).

Основные параметры межплоскостных расстояний веществ,
отлагающихся на фильтротканях из твердой фазы пульпы
при фильтрации рудных пульп

Данные расшифровки рентгенограмм										Данные по рентгенометрическому определителю минералов			
№ 1, фильтро-диагональ		№ 2, капрон арт. 1528		№ 3, капрон арт. 1538		№ 4, фильтруемый кек		Меж-плоскостное расстояние $\frac{d}{n}$	Тип линии	Интенсивность линии	Меж-плоскостное расстояние $\frac{d}{n}$	hkl	Тип линии
номер линии	интенсивность	номер линии	интенсивность	номер линии	интенсивность	номер линии	интенсивность						
1	1	—	—	—	—	1	3	4,17	α	5	4,24	1010	α
2	3	—	—	—	—	2	4	3,30	β	5	3,33	1011	β
3	7	1	4	1	4	3	8	3,28	α	10	3,34	1011	γ
5	2	3	1	3	1	4	2	2,45	α	5	2,45	1120	α
6	3	4	1	4	1	5	2	2,28	α	5	2,28	1012	α
7	3	5	1	5	1	6	2	2,13	α	5	2,123	2020	α
8	1	—	—	—	—	7	2	1,79	β	4	1,79	2021	β
11	2	8	1	8	1	8	6	1,80	α	9	1,813	1122	α
12	1	—	—	—	—	9	2	1,66	α	5	1,668	2022	α
14	2	10	1	10	1	10	4	1,54	α	9	1,039	2131	α
15	1	—	—	—	—	11	2	1,45	α	4	1,450	1123	α
16	2	11	1	11	1	12	6	1,37	α	9	1,370	2023	α
17	1	12	1	—	—	14	2	1,28	α	6	1,285	1014	α
18	1	13	1	12	1	15	3	1,25	α	7	1,253	3032	α
19	1	—	—	—	—	16	3	1,23	α	5	1,226	2240	α
20	3	—	—	—	—	17	6	1,18	α	8	1,182	1124	α
21	2	—	—	—	—	18	5	1,17	α	7	1,178	3140	α

Таблица 34

Основные параметры межплоскостных расстояний веществ,
отлагающихся на фильтротканях
из жидкой фазы пульпы при фильтрации

Данные расшифровки рентгенограмм								Данные по рентгенометрическому определителю минералов			
№ 1, фильтро-диагональ		№ 2, капрон арт. 1528		№ 3, капрон арт. 1538		Меж-плоскостное расстояние $\frac{d}{n}$	Тип линии	Интенсивность	Меж-плоскостное расстояние $\frac{d}{n}$	hkl	Тип линии
номер линии	интенсивность	номер линии	интенсивность	номер линии	интенсивность						
4	4	2	4	2	4	3,01	α	10	3,029	1014	α
9	1	6	1	6	1	1,91	α	8	1,912	0224	α
10	1	7	1	7	1	1,86	α	9	1,869	1126	α
13	1	9	1	9	1	1,60	α	6	1,601	1232	α

В связи с тем, что соотношение фаз кальцита и магнезита на всех типах фильтротканей является постоянным, можно сделать вывод, что физико-химические свойства волокна и строение ткани

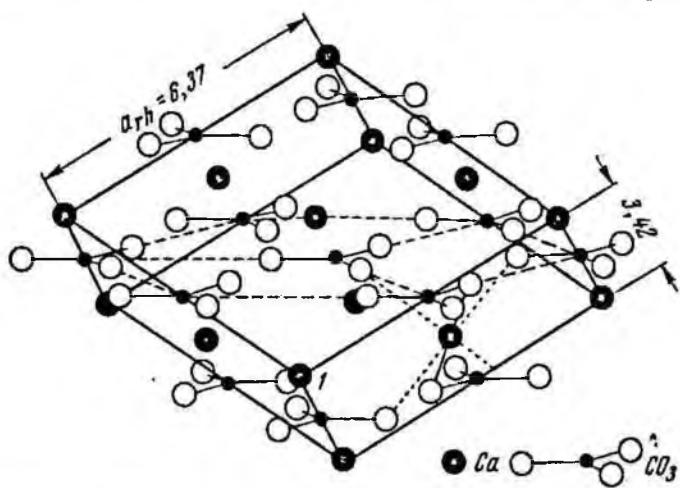


Рис. 40. Кристаллическая решетка кальцита, отлагающегося на поверхности фильтроткани

не влияют на процесс отложения кристаллического осадка, выделяющегося из жидкой фазы пульпы.

Таким образом, проведенное исследование позволило установить состав, структуру и соотношение кристаллических веществ,

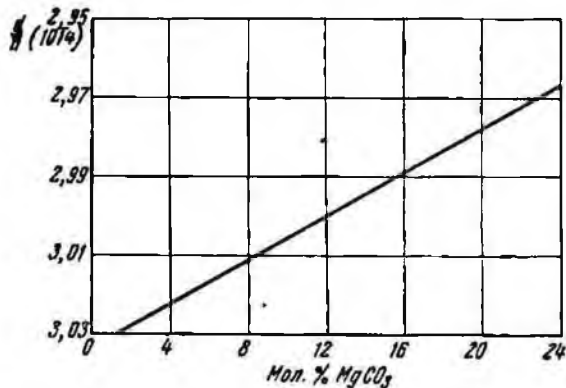


Рис. 41. Изменение межплоскостного расстояния кальцита в плоскости 1014 в зависимости от содержания MgCO₃

отлагающихся на поверхности фильтротканей. Исследования показали, что при фильтрации рудных пульп фильтроткани засоряются двумя видами веществ. Первое — кристаллическое вещество твердой фазы пульпы, отлагающееся на поверхности фильтроткани за счет действия межмолекулярных сил между фильтротканью и этим веществом. Второе — кристаллическое вещество, выделяющееся

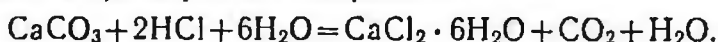
на поверхности фильтротканей из жидкой фазы рудной пульпы. Отложение твердой фазы пульпы зависит от физико-химического свойства волокна фильтроткани, структура ткани не оказывает влияния на состав данного осадка.

Рентгенометрическим методом анализа не удалось определить наличие коллоидных и аморфных веществ в отложениях на поверхности фильтроткани. Поэтому проводили дополнительное исследование этих отложений химико-аналитическим методом.

Химическое исследование осадков, отлагающихся на поверхности фильтротканей

Изучить химический состав осадка, образующегося на поверхности фильтротканей, можно при условии полного снятия его с поверхности ткани, которое можно осуществить химическим путем. Для этого кристаллический осадок необходимо растворить и отделить от фильтроткани. В результате опытов установили, что для полного растворения осадка на фильтроткани лучше всего использовать химически чистый 2%-ный раствор соляной кислоты.

Для снятия цементирующего осадка с поверхности фильтроткани с помощью соляной кислоты в цилиндр объемом 0,8 л наливали 0,5 л 2%-ного раствора соляной кислоты, а затем туда помещали засоренную, но предварительно промытую в дистиллированной воде и просушенную на воздухе фильтроткань размером 20×20 см. Под действием соляной кислоты происходило разложение цементирующей кристаллической основы карбоната кальция на поверхности фильтроткани по реакции



В этом случае при растворении карбоната кальция в соляной кислоте образуется в жидком состоянии гексагидратная соль хлористого кальция. В процессе разложения карбоната кальция также происходит распадение гидроокисей железа, алюминия и других соединений, которые отложились при фильтрации на поверхности фильтроткани. Эти соединения, вступая во взаимодействие с соляной кислотой, образуют хлористый алюминий AlCl_3 или хлористое железо FeCl_3 , которые хорошо растворимы в воде. Причем хлористый алюминий в водных растворах может сильно гидролизаться, а в пересыщенных (с концентрацией более 30%) легко кристаллизоваться с образованием шестиводного бесцветного кристаллогидрата $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

В растворе соляной кислоты при снятии осадка с фильтротканей концентрация хлористого алюминия не достигает насыщения, поэтому кристаллогидрат хлористого алюминия не образуется. Аналогично в этих условиях не отмечается образование хлористого железа. Следовательно, при обработке фильтротканей, засоренных карбонатами кальция с примесью гидроокисей железа, алюминия и других веществ можно полностью снять кристаллический осадок.

При этом одновременно отделяются от засоренной фильтроткани твердые вещества пульпы, не растворяющиеся в соляной кислоте. Освободившиеся от кристаллической структуры карбоната кальция частицы твердой фазы пульпы легко отделяются от поверхности фильтроткани и выпадают на дно цилиндра в виде осадка. Полученный таким образом раствор содержал не только химически растворенные вещества, но и нерастворимый осадок (табл. 35).

Отделение нерастворимого твердого осадка из раствора проводили с помощью фильтрации. Твердый нерастворимый осадок прокаливался и взвешивался. По разности весов кусочка ткани до и после снятия осадка находили общий вес продуктов химического отложения на поверхности ткани. Растворимый осадок — карбонаты кальция — под действием соляной кислоты разлагался примерно в течение 10 мин с бурным выделением углекислого газа, который на поверхности раствора создавал большое вспенивание (рис. 42). Для гашения вспенивания требовалась дополнительная продувка. Устойчивая пена, образующаяся в результате разложения карбонатов, указывает на то, что при фильтрации ткань легко сорбирует имеющийся в пульпе вспениватель — сосновое масло.

Выделенные раствор и осадок после снятия кристаллических отложений с поверхности фильтроткани анализировали химическим путем на компоненты SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , S. Химическому анализу подвергали фильтроткани трех типов (капрон арт. 1528, 1538 и фильтродиагональ), которые были засорены в одинаковых условиях за время 30-суточной их работы. Данные химических анализов осадка приведены в табл. 36.

Как видно из табл. 36, химический состав отложений на капроновых фильтротканях и фильтродиагонали резко отличается между



Рис. 42. Восстановление фильтротканей в лабораторных условиях

Таблица 35
Растворимость осадка на поверхности фильтроткани

Тип фильтроткани	Срок работы фильтроткани, суток	Цементированный осадок на фильтроткани				
		общий вес, г/см ²	растворено в HCl		не растворено в HCl	
			г	%	г	%
Фильтродиагональ	30	235	170	72	65	28
Капрон арт. 1528	30	135	110	81	25	19
Капрон арт. 1538	30	137	106	80	28	20

Таблица 36

Химический анализ осадка, снятого с поверхности фильтроткани, %

Компоненты осадка	Содержание компонентов на фильтротканях		
	капрон арт. 1528	капрон арт. 1538	фильтро- диагональ
Окись кремния	70,67	71,23	81,12
Окись алюминия	14,28	14,18	9,36
Окись железа	1,75	1,88	1,6
Окись кальция	0,68	0,69	0,73
Окись магния	1,07	0,94	0,74
Прочие	11,55	11,08	6,45

собой. Поэтому, как это уже отмечалось при рентгенометрическом исследовании, состав осадка из твердой фазы пульпы зависит от физико-химических свойств волокон ткани, в то время как структура ткани на химический состав осадка не оказывает влияния, так как несмотря на различное переплетение капроновых тканей, химический состав образующегося осадка на их поверхности одинаков. Напротив, состав продуктов, появившихся из жидкой фазы пульпы (табл. 37), не зависит от свойств волокон фильтротканей.

Таблица 37

Химический анализ раствора соляной кислоты после снятия осадка с поверхности фильтроткани, мг/л

Компоненты раствора	Содержание компонентов		
	капрон арт. 1538	капрон арт. 1528	фильтро- диагональ
Окись кремния	28,3	24,5	37,25
Окись алюминия	36,4	38,75	54,0
Окись железа	46,2	45,1	140,0
Сера	9,63	10,28	18,84
Окись кальция	2085	2050	2450
Окись магния	9,48	7,74	27,5

В результате проведенных рентгенометрических и химических анализов установлено, что все виды фильтровальных тканей засоряются главным образом карбонатом кальция. Кроме карбоната кальция в состав осадка, отлагающегося на фильтроткани, входят продукты фильтрации твердой фазы пульпы, имеющие крупность не более 10 мк. Наличие в цементирующей основе этих продуктов в виде SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 объясняется тем, что они прилипают к ткани за счет защемления в порах, а также за счет действия межмолекулярных сил фильтруемых продуктов и фильтротканей. Застраившиеся в порах фильтроткани твердые частицы пульпы посте-

пенно покрываются при фильтрации кристаллами карбонатов кальция, образуя единую кристаллическую структуру.

Из табл. 35 видно, что общее количество засоряющих веществ на капроновых фильтротканях почти в два раза меньше, чем на фильтродиагонали (при одном и том же сроке работы). Сравнивая химический анализ осадка, снятого с поверхности фильтротканей (табл. 36), с исходным химическим анализом твердой фазы пульпы, поступающей на фильтрацию, т. е. с кеком фильтров (табл. 30), видно, что процентное отношение веществ примерно одинаково. Однако в осадке, снятом с капроновых тканей, содержание SiO_2 на 10% ниже (табл. 36), а содержание окиси алюминия примерно в 1,5 раза выше, чем в осадке с фильтродиагонали. Общее количество засоряющих веществ при работе с капроновой тканью арт. 1528 в течение 30 суток составило 135 мг/см^2 , из них карбонаты 110 мг/см^2 , в то время как на фильтродиагонали количество засоряющих веществ за 30 суток работы достигло 235 мг/см^2 из них карбонаты 170 мг/см^2 .

Различное содержание окиси алюминия и окиси кремния, а также общего количества отложений на поверхности капрона и фильтродиагонали указывает на разнообразие физико-химических свойств волокон этих тканей. Существенное влияние на процентное соотношение химических компонентов осадка, отлагающихся из твердой фазы пульпы на поверхность фильтроткани, на наш взгляд, оказывает электрокинетический потенциал волокон, который зависит от конкретных условий фильтрации и характеристики фильтруемых пульп.

3. РОЛЬ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОЛОКНА В ПРОЦЕССЕ ЗАСОРЕНИЯ ФИЛЬТРОТКАНЕЙ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ФИЛЬТРАТА

При фильтрации рудных пульп электрокинетический потенциал (дзета-потенциал) возникает в процессе перемещения жидкой фазы пульпы относительно фильтрующей диафрагмы—фильтроткани. Известно, что на поверхности твердого тела, в том числе и фильтроткани, на границе раздела двух фаз жидкого и твердого с различным химическим составом происходит перераспределение электрического заряда, связанного с переходом ионов или электронов из одной фазы в другую. При этом обе фазы приобретают определенный электрический заряд. Такое перераспределение заряда приводит к образованию двойного электрического слоя, состоящего из адсорбционной и диффузной частей. При перемещении фильтрата через фильтроткань появляется некоторое отставание части диффузного слоя и между фильтротканью и жидкой фазой пульпы образуется определенный скачок потенциала. Этот скачок потенциала на границе адсорбционной и диффузной частей двойного слоя называется дзета-потенциалом.

Такое явление при фильтрации рудных пульп может в значительной степени влиять на процесс засорения фильтротканей и химический состав отложений [60]. Однако физическая сущность воздействия электрокинетического потенциала на характер образования отложений на синтетических фильтротканях, особенно его химический состав, пока не вскрыта. Экспериментальные исследования по этому вопросу отсутствуют.

Поэтому нами поставлена задача выяснить роль электрокинетического потенциала волокна в процессе засорения фильтротканей и его влияние на химический состав образуемых отложений и качество фильтрата. Были проведены специальные лабораторные исследования по определению дзета-потенциала фильтротканей из капронового, лавсанового и хлопчатобумажного волокон при различном значении рН. Влияние дзета-потенциала на химический состав отложений и качество фильтрата было изучено на основе данных промышленных испытаний.

В настоящее время для определения дзета-потенциала существует три метода: электрофорез, электроосмос и потенциал протекания. Первые два метода для определения дзета-потенциала на синтетических волокнах малоприменимы. Так, применение электрофореза, основанного на наблюдении скорости перемещения частиц под действием внешней электродвижущей силы, очень усложняется, так как из синтетических волокон трудно получить раствор суспензии коллоидных размеров. Определение дзета-потенциала волокна с помощью электроосмоса не представляет интереса, ввиду малой его точности. Все предшествующие исследователи [8], применяя метод электроосмоса для своих целей, при определении дзета-потенциала хлопка получили резко отличающиеся результаты. Для более точного изучения влияния дзета-потенциала на процесс засорения синтетических фильтротканей в работе использован метод потенциала протекания. Этот метод разработан Гельмгольцем — Смолуховским [20] и Нилом [77].

Теория Гельмгольца — Смолуховского позволяет рассматривать двойной электрический слой, как фиксированный заряд поверхности волокна, уравновешенный равным зарядом подвижного слоя жидкости, подобно плоскому конденсатору. Для определения электрокинетического заряда поверхности методом потенциала протекания, основанном на теории Гельмгольца — Смолуховского, выведено классическое уравнение

$$\zeta = \frac{4\pi_1 H}{D\rho},$$

где ζ — дзета-потенциал;

η — вязкость жидкости, т. е. коэффициент внутреннего трения;

H — электропроводность жидкости;

D — диэлектрическая постоянная;

ρ — перепад давления, под действием которого происходит фильтрация жидкости.

Приведенное уравнение не учитывает плотности исследуемой упаковки волокна, которая может оказать существенное влияние на величину дзета-потенциала. Электропроводность раствора по данной теории рассматривается без учета ее изменения на поверхности двойного диффузного слоя, что не отвечает реальным условиям. В действительности электропроводность на поверхности волокна и вблизи лежащих слоев жидкости значительно больше, чем в основной массе раствора, так как на поверхности волокна под действием жидкой фазы происходит перераспределение ионов и электронов. Это перераспределение основано на избыточной адсорбции (диссоциации) ионов при помещении волокна в жидкость.

Для устранения отмеченных недостатков Нилом была разработана теория для определения дзета-потенциала, основанная не на точечном заряде, а на эквипотенциальном объеме. На основании этой теории все электрические потенциальные заряды локализуются в виде тонкой пленки на поверхности фаз волокно—раствор. Причем суммарная поверхность трения в эквипотенциальном объеме на расстоянии x от поверхности волокна при $x \rightarrow 0$ может быть выражена уравнением

$$\left(\frac{dV}{dx}\right)_{x \rightarrow 0} = \frac{\rho(1-l)a}{\eta f s_0},$$

где $\rho(1-l)a$ — полная гидростатическая сила, действующая в пробке;

l — часть полного объема пробки, заполненного волокном;

a — площадь поперечного сечения пробки;

$1-l$ — площадь открытого пространства, занятого волокном, т. е. пористость пробки;

x — расстояние точки в исследуемом растворе от поверхности волокна;

ρ — разность гидростатических давлений с обеих концов пробки;

η — коэффициент, учитывающий вязкость жидкости;

$f s_0$ — общая поверхность трения;

f — объем волокна с учетом внутренней жидкости;

s_0 — удельная поверхность волокна.

При очень малой величине x его абсолютное значение меньше гидравлического радиуса $x < r$. В этом случае уравнение примет вид:

$$V = \frac{\rho(1-l)a}{\eta f s_0} x.$$

При перемещении жидкости через пробку волокна возникает определенный ток течения

$$I_0 = \int_0^r \Pi V dx = \frac{p(1-l)a}{r_1 f s_0} \int_0^r \Pi x dx,$$

где Π — электропроводность на расстоянии x от поверхности волокна (электрическая плотность).

Полный ток I на концах исследуемой пробки равен

$$I = I_0 A,$$

где $A = \frac{f s_0}{l_n}$ — полная длина внутренней фазы в любом поперечном сечении (l_n — длина исследуемой пробки).

Подставляя в уравнение значение электропроводности и полную длину внутренней фазы, получаем выражение для возникающего при этом электрического тока

$$I = I_0 A = \frac{Ap(1-l)arD}{4\pi r_1 f s_0} \int_0^r \frac{d^2 x}{dx^2} x dx.$$

Интегрируя это уравнение, находим

$$I = I_0 A = \frac{Ap(1-l)arD}{4\pi f s_0 r_1} \left[x \frac{d^2 \zeta}{dx^2} - \zeta \right]_0^r = \frac{p(1-l)arD}{4\pi r_1 l} \zeta.$$

Вводя в полученное выражение значение постоянных величин, формулу для определения силы тока, возникающего при перемещении жидкости относительно волокна, можно представить в виде

$$I = 0,742 \cdot 10^{-8} \frac{p(1-l)a}{l_n} \zeta,$$

где $0,742 \cdot 10^{-8}$ — значение универсальной постоянной;

I — сила тока течения, a ;

p — разность давлений, приложенных к общим концам исследуемой пробки, в *см рт. ст.*;

a — площадь полученного сечения плотного слоя волокна, $см^2$;

l_n — длина слоя волокна, $см$;

l — часть общего объема заполненного волокном;

ζ — потенциал поверхности волокна, $мв$.

Из уравнения видно, что появляющийся электрический ток зависит от плотности упаковки волокна, ее геометрических размеров и давления жидкости. В этом уравнении электропроводность раствора определяется с учетом ее изменения на поверхности волокна, поэтому ошибка в определении электропроводности устраняется. По этой формуле автор определял величину дзета-потенциала.

Замер электрического тока, возникающего при течении жидкости через волокно, производили двухламповым усилителем с коэффициентом усиления 270, собранный на двойном триоде типа БН8. Измерение силы тока проводилось путем включения в катодную цепь триодов микроамперметра М-24. Исследуемое волокно в виде

пробки помещали в стеклянную трубку диаметром $1,1 \text{ см}^2$ и с двух сторон зажимали перфорированными электродами. Через трубку с заправленным в нее волокном пропускали растворы с различным значением рН. Необходимая разность давления создавалась путем включения в систему баллона со сжатым воздухом. Давление измеряли на ртутном манометре. Перед заправкой волокна в трубку его кипятили в течение трех часов в дистиллированной воде с последующим охлаждением и просушкой для снятия замасливающих веществ с его поверхности. Высушенное и расчесанное волокно нарезалось на отдельные волокна длиной $1-2 \text{ мм}$, которые, после заправки в стеклянную трубку, помещали вместе с трубкой в раствор для кипячения в течение 10 мин для полного удаления воздуха. После охлаждения раствора в трубку с волокном вставлялись электроды, затем трубка соединялась с рабочим раствором. Ток течения с увеличением плотности упаковки несколько снижается за счет более плотного скольжения волокон, что вызывает сжатие двойного электрического слоя. Для создания постоянной плотности упаковки в опытах использовали трубку с площадью поперечного сечения $1,1 \text{ см}^2$. Длина пробки волокна после установки электродов составляла $2,7-3 \text{ см}$.

Изменение рН осуществляли путем введения в дистиллированную воду для создания щелочной среды раствора едкого калия и кислой среды — раствора соляной кислоты. Сила тока в щелочной среде определялась на платиновых электродах, а в кислой — на хлорсеребряных. При снятии замеров в кислой среде большое значение имеет подготовка хлорсеребряных электродов для избежания поляризации. Поэтому электроды обрабатывались в $0,1N$ растворе соляной кислоты в течение трех часов при силе тока 1 ма и напряжении 2 в .

Для определения дзета-потенциала ζ возникающий ток течения в трубке с волокном пересчитывался по формуле

$$\zeta = \frac{Il^2}{0,742 \cdot 10^{-8} p (al - qd)},$$

где I — сила тока, a ;

l — длина пробки волокна, см ;

p — разность давлений на концах пробки, см рт. ст. ;

q — навеска исследуемого волокна, g ;

d — плотность волокна, $g/\text{см}^3$;

a — площадь поперечного сечения трубки для заправки волокна, см^2 .

Результаты экспериментов по определению дзета-потенциала на хлопчатобумажных и синтетических волокнах приведены в табл. 38 и 39.

Изменение дзета-потенциала волокон фильтротканей от величины рН показано на рис. 43, из которого видно, что волокна имеют отрицательный заряд, величина которого зависит от рН среды и физико-химического состава волокна. С увеличением рН

Таблица 38

Влияние величины pH раствора на дзета-потенциал хлопчатобумажного волокна

Показатели	Величина pH			
	3,8	5,8	8,5	11,2
Дзета-потенциал, мВ	-2,8	-8,5	-10,9	-12,6
Плотность волокна, г/см ³	1,52	1,52	1,52	1,52
Разность давлений на концах измеряемой пробки, см. рт. ст.	5,9	6,2	6,1	5,8
Навеска волокна, г	5,2	5,0	5,1	5,0
Пористость пробки	0,764	0,770	0,76	0,762
Сила тока течения, а	$3,3 \times 10^{-7}$	$1,1 \times 10^{-7}$	$1,4 \times 10^{-7}$	$1,6 \times 10^{-7}$

Таблица 39

Влияние величины pH раствора на дзета-потенциал синтетических волокон

Показатели	Фильтроткань			
	Капрон			
	Величина pH			
	3,8	5,8	8,5	11,2
Плотность волокна, г/см ³	1,14	1,14	1,14	1,14
Разность давлений на концах измеряемой пробки, см. рт. ст.	6,52	6,48	5,91	5,72
Навеска волокна, г	0,8	0,8	0,75	0,75
Пористость пробки	0,724	0,714	0,738	0,741
Сила тока течения, а	$1,3 \times 10^{-7}$	$2,3 \times 10^{-7}$	$2,9 \times 10^{-7}$	$2,8 \times 10^{-7}$
Дзета-потенциал, мВ	-4,1	-18,2	-23,6	-23,8

Показатели	Фильтроткань			
	Ливсан			
	Величина pH			
	3,8	5,8	8,5	11,2
Плотность волокна, г/см ³	1,38	1,38	1,38	1,38
Разность давлений на концах измеряемой пробки, см. рт. ст.	6,41	5,84	5,75	6,51
Навеска волокна, г	4,5	5,0	5,2	5,4
Пористость пробки	0,754	1,781	0,774	0,776
Сила тока течения, а	$1,8 \times 10^{-7}$	$3,2 \times 10^{-7}$	$3,9 \times 10^{-7}$	$4,7 \times 10^{-7}$
Дзета-потенциал, мВ	-1,3	-24,8	-31,3	-33,4

среды дзета-потенциал для всех волокон возрастает, что особенно отмечается в кислой среде при рН от 4 до 7. При переходе от кислой среды к щелочной дзета-потенциал изменяется незначительно, ввиду того, что гидроксильные ионы на величину дзета-потенциала оказывают незначительное влияние. Синтетические волокна (капрон и лавсан) по сравнению с хлопчатобумажными по мере увеличения рН приобретают более высокий отрицательный электрокинетический заряд. Особенно заметно дзета-потенциал возрастает на лавсановом волокне.

Изменение дзета-потенциала при различном значении рН среды показывает, что для данных волокон потенциалопределяющими ионами являются ионы водорода. Резкое снижение дзета-потенциала для волокон с увеличением концентрации кислоты, видимо, можно объяснить сжатием двойного диффузного слоя.

Процесс образования отрицательного значения дзета-потенциала на поверхности фильтровального волокна можно представить двояко: путем сорбции гидроксильных ионов, присутствующих в растворе, или путем отдачи водородных ионов, если элементарное звено молекул волокна представить как слабую кислоту. При изменении концентрации гидроксильных и водородных ионов меняется электрическая плотность заряда на поверхности фильтроткани (волокна). Это также вызывает изменение дзета-потенциала.

Большой интерес представляет влияние дзета-потенциала на химический состав образующейся твердой фазы на поверхности фильтроткани. Так как дзета-потенциал фильтроткани имеет отрицательное значение, то все фильтруемые частицы, заряженные отрицательно, отталкиваются и в меньшей степени сорбируются на поверхности фильтроткани. Положительно заряженные частицы твердой фазы пульпы притягиваются более интенсивно к поверхности фильтроткани и образуют засоряющие отложения на ней. Изучая сорбционную способность фильтротканей, заметили, что лавсан обладает наиболее высоким отрицательным потенциалом и меньше всего подвержен прилипанию отрицательно заряженных частиц. Лавсановая фильтроткань больше засоряется положительно заряженными частицами твердой фазы пульпы.

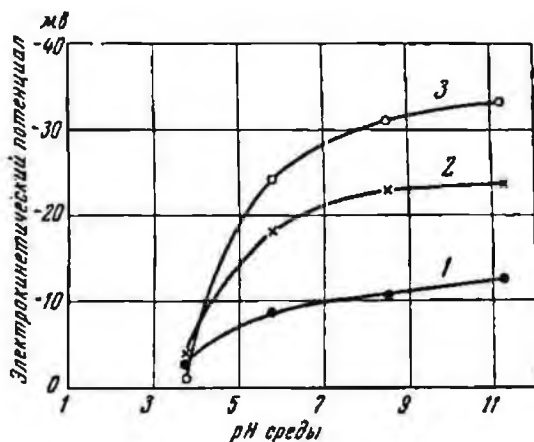


Рис. 43. Влияние рН среды на электрокинетический потенциал волокон фильтротканей:

1 — фильтродиагональ; 2 — капрон; 3 — лавсан

Капроновая фильтроткань по количеству отрицательно заряженных частиц на ее поверхности занимает промежуточное положение между лавсаном и фильтродиагональю. По сравнению с лавсановой фильтротканью капроновая меньше засоряется положительно заряженными частицами и больше отрицательными. Наиболее высокий процент отрицательно заряженных частиц пульпы оседает на поверхности хлопчатобумажной фильтроткани. На поверхности фильтродиагонали сорбция положительно заряженных частиц, например гидроокиси алюминия, на 40—50% ниже, чем на синтетических фильтротканях.

В табл. 36 приведен химический состав кристаллического осадка, снятого с поверхности фильтроткани в промышленных условиях при фильтрации щелочной пульпы с $pH=10,5-10,8$. Сравнивая химический состав осадков на поверхности синтетических и хлопчатобумажных фильтротканей с величиной дзета-потенциала на этих тканях при таком же pH , можно установить целесообразность применения того или иного типа фильтроткани при фильтрации рудных пульп с определенным химическим составом.

Для наглядного представления о влиянии заряженности частиц на характер образующегося химического осадка на поверхности фильтроткани приведем следующий пример. Согласно данным табл. 36, отложение окиси кремния на поверхности капроновых фильтротканей составляет 70,6—71,2%, в то время как на фильтродиагонали—81,1%. Это объясняется тем, что окись кремния (кварц) имеет отрицательный электрокинетический потенциал, поэтому она в меньшей степени отлагается на поверхности капроновой фильтроткани, которая обладает более высоким отрицательным значением дзета-потенциала. Окись алюминия, имеющая положительный заряд, отлагается на поверхности капроновой фильтроткани на 4,8% больше, чем на фильтродиагонали. По аналогичной причине на капроне по сравнению с фильтродиагональю выше содержание окиси железа (см. табл. 36), несмотря на то, что капроновая фильтроткань не соприкасается с металлической поверхностью фильтра за счет наличия подкладочного основания.

Кристаллический осадок на фильтротканях оседает не только на поверхности волокна, но и проникает за счет сил диффузии внутрь его, особенно в процессе набухания хлопчатобумажных и частично синтетических волокон. При этом засоряющее вещество вступает во взаимодействие как с гидроксильными группами целлюлозных волокон, так и с амидными и эфирными группами синтетических волокон.

Явление электрокинетического притяжения или отталкивания оказывает значительное влияние на механизм засорения синтетических и хлопчатобумажных фильтротканей и его роль в образовании отложений определенного химического состава на поверхности различных в химическом отношении фильтротканей несомненна.

Однако механизм засорения синтетических и хлопчатобумажных фильтротканей не может быть полностью связан только с электрокинетическими силами. Здесь следует учитывать, что на механизм засорения фильтротканей различным химическим составом может влиять степень сольватации (гидратации) и лиофильности поверхности исследуемой фильтроткани.

Наряду с воздействием электрокинетического потенциала на прилипание частиц к поверхности фильтроткани он также оказывает влияние на химический состав твердой фазы фильтрата. Этот вопрос выяснен при изучении химических компонентов твердой фазы фильтрата, полученных в промышленных условиях на фильтротканях с различными физико-химическими свойствами. Для определения состава твердой фазы фильтрата пробы отбирали ежедневно на 3-, 4-, 5- и 6-е сутки работы фильтротканей, т. е. в период, когда ткань еще не подвержена засорению кристаллическими веществами, цементирующими ее поверхность. Результаты химического анализа средней пробы приведены в табл. 40.

Таблица 40
Химический состав твердой фазы фильтрата, %

Компоненты осадка	Капрон арт. 1528	Капрон арт. 153Н	Фильтр- диагональ
Окись кремния	83,24	82,15	76,4
Окись алюминия	7,38	7,91	10,78
Окись железа	2,18	2,61	3,51
Окись кальция	1,31	1,21	1,36
Прочие	5,89	5,12	8,0

Из табл. 40 видно, что твердая фаза фильтрата содержит отрицательно заряженный компонент — окись кремния — на капроновых фильтротканях 82,1—83,2%, на фильтродиагонали всего лишь 76,4%. Напротив, окись алюминия и окись железа, несущие положительный заряд, проходят более свободно через фильтродиагональ, чем через капрон. Поэтому качество фильтрата на различных тканях обычно бывает разным по химическому составу твердой фазы.

При фильтрации рудных пульп с преобладанием отрицательно заряженных частиц, например, окиси кремния, капроновые фильтроткани дают несколько худший фильтрат, чем фильтродиагональ. В случае фильтрации рудных пульп с преобладанием положительно заряженных частиц, например железистых кеков, капроновые фильтроткани позволяют получить наиболее качественный фильтрат (содержание гидроокиси железа в фильтрате при фильтрации через капрон на 30% меньше, чем через фильтродиагональ).

При фильтрации рудных пульп сложного физико-химического состава, особенно тонкодисперсных, содержащих как положительно, так и отрицательно заряженные частицы твердой фазы, из-за наличия электрокинетических сил невозможно достигнуть абсолютно чистого фильтрата.

Полученные результаты исследования о влиянии электрокинетического потенциала на процесс засорения фильтротканей и химический состав твердой фазы фильтрата позволили увязать выбор необходимого типа фильтроткани в зависимости от характеристики фильтруемой пульпы.

Выводы

1. Исследования позволили установить состав, структуру и основные физико-химические свойства веществ, засоряющих фильтроткани.

2. При фильтрации рудных пульп все виды фильтротканей в основном засоряются цементирующими веществами, выделившимися из жидкой фазы пульпы, и в меньшей степени тонкодисперсными частицами твердой фазы пульпы и органическими отложениями, присутствующими в пульпе. Выяснено, что процесс отложения кристаллического осадка, образующегося из жидкой фазы пульпы, происходит при взаимодействии противоположно заряженных ионов под действием вакуума. В зависимости от химического состава присутствующих ионов в пульпе на поверхности фильтротканей образуются карбонатные, сульфатные, силикатные, фосфатные или смешанные отложения. Рассмотрен основной комплекс ионов, принимающих участие в образовании этих отложений.

3. При фильтрации рудных щелочных пульп поверхность фильтротканей чаще всего засоряется карбонатными отложениями. Состав отложений изучался с помощью рентгенометрического и химического анализов.

4. Для рентгенометрического метода анализа составлена специальная методика, по которой исследовался на рентгенограммах осадок, снятый с поверхности разнотипных фильтротканей. Исследованиями по этой методике установлено, что на поверхности фильтротканей откладывается в основном из твердой фазы пульпы окись кремния (кварц), из жидкой фазы — кальцит. Отложения, выделяющиеся из твердой фазы пульпы, зависят от физико-химических свойств волокна; при этом структура (переплетение, крутка нити, толщина нити) на состав осадка не влияет. Физико-химические свойства волокна и структура ткани при отложении веществ, выделяющихся из жидкой фазы пульпы, не оказывают влияния на их фазовый состав и соотношение отлагающихся компонентов на поверхности фильтротканей.

5. Рентгенометрическими и химическими исследованиями установлено, что капроновая фильтроткань засоряется значительно

меньше, чем фильтродиагональ (за 30 суток работы количество засоряющих веществ на капроне на 100 мг/см^2 было меньше). При этом карбонат кальция составляет на капроновой фильтроткани 79—80%, на фильтродиагонали — 68%. Это указывает на то, что капрон мало сорбирует твердую фазу пульпы. Анализ твердой фазы, снятой с поверхности синтетических и хлопчатобумажных фильтротканей, показал различный химический состав присутствующих в ней компонентов. Например, окиси кремния содержалось на капроне 70—71%, на фильтродиагонали — 81%. Окись алюминия больше сорбируется на капроновых фильтротканях (14,1—14,3%), чем на фильтродиагонали (9,36%).

6. Для того чтобы выяснить причины образования отложений различного химического состава на поверхности фильтротканей в работе изучена роль электрокинетического потенциала и его влияние на химический состав отложений и качество фильтрата. Определение электрокинетического потенциала велось по разработанной нами методике на основе теории эквипотенциального объема. При этом электрокинетический потенциал определялся как функция силы тока, возникающего при перемещении жидкости через исследуемое волокно.

7. В результате выполненных исследований установлена зависимость электрокинетического потенциала на различных фильтротканях (лавсан, капрон, фильтродиагональ) от pH среды. Показано, что электрокинетический потенциал на всех фильтротканях имеет отрицательный заряд; величина этого заряда значительно выше на синтетических тканях, особенно на лавсане, чем на хлопчатобумажных. Например, в щелочной среде при pH от 8 до 11 дзета-потенциал составляет для лавсана —31—33 мв, капрона —25 мв, фильтродиагонали —10—15 мв. В работе дано объяснение причины процесса образования отрицательного значения дзета-потенциала на поверхности фильтровального волокна. Так как синтетические волокна фильтротканей имеют более высокий дзета-потенциал, то они в большей степени сорбируют положительно заряженные частицы твердой фазы пульпы, например, окись алюминия, железистые кеки и дают более чистый фильтрат. Отрицательно заряженные частицы (окись кремния, микроклини и др.) преимущественно отлагаются на поверхности хлопчатобумажных фильтротканей и меньше поступают в фильтрат.

Раскрытие физической сущности механизма засорения тканей позволяет, зная химический состав фильтруемой пульпы, заранее определить примерный состав образующихся отложений на поверхности фильтротканей в зависимости от свойств волокон тканей.

8. На основе исследований электрокинетического потенциала, а также рентгенометрического и химического анализов в работе даны рекомендации о целесообразности применения различных типов фильтротканей с учетом химического состава рудных пульп и требуемого качества фильтрата.

КИНЕТИКА ЗАСОРЕНИЯ ФИЛЬТРОТКАНЕЙ И МЕТОДЫ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Исследованием механизма засорения различных типов фильтротканей была установлена разная степень отложения осадка на поверхности ткани в зависимости от времени ее эксплуатации. Наличие осадков на поверхности фильтротканей резко влияет на качественные показатели фильтрации. Поэтому для того, чтобы определить наиболее рациональный период работы различных типов фильтротканей, необходимо изучить кинетику засорения и возможные пути восстановления тканей, а также выявить технологические показатели фильтрации при применении восстановленных фильтротканей. Особенно это важно на новых синтетических тканях, у которых по мере засорения фильтровального полотна снижается в основном проницаемость, но почти не теряется прочность и при аккуратном обращении с ними их можно подвергнуть многократному восстановлению.

1. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАСОРЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФИЛЬТРОТКАНЕЙ

В качестве критериев при оценке степени засорения и восстановления фильтротканей использовались следующие показатели: вес отложившегося осадка на ткани, воздухопроницаемость ткани и скорость фильтрования.

Методика определения веса отложившегося осадка на поверхности фильтроткани изложена в III главе при исследовании химического состава засоряющих веществ. Следует дополнить, что вес осадка на фильтроткани находили как средний из трех образцов.

Воздухопроницаемость фильтротканей определялась специальным прибором УПВ конструкции института ЦНИХБИ (рис. 44). Действие этого прибора основано на установлении проходимого через фильтроткань количества воздуха с помощью газового счетчика. Для проведения замера воздухопроницаемости, выраженной в литрах на $1 \text{ м}^2 \cdot \text{сек}$, был принят перепад давления воздуха 10 мм вод. ст. , а измеряемая площадь фильтроткани $0,002 \text{ м}^2$.

Время прохождения воздуха через ткань во всех опытах составляло 60 сек. Показатель воздухопроницаемости Q определялся по формуле

$$Q = \frac{q}{St}, \text{ л/м}^2 \cdot \text{сек},$$

где q — количество воздуха, прошедшего через образец;
 S — продуваемая площадь испытуемого образца;
 t — продолжительность испытания.

Скорость фильтрования в зависимости от степени засоренности фильтроткани определялась по известному методу Герцберга, основанному на законе Мариотта [44]. Опыты по изучению скорости

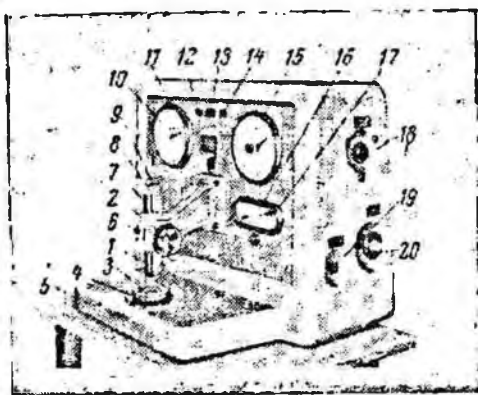


Рис. 44. Прибор для определения воздухопроницаемости фильтроткани
 1, 2, 3, 4 — приспособление для укрепления фильтротканей; 5 — столик прибора; 6 — шкала механизма прижима ткани; 7, 8, 9 — верхний конец механизма прижима ткани; 10, 11 — газовый счетчик; 12, 13, 14 — сигнальные лампы и уровень прибора; 15 — часы для отсчета; 16 — микроманометр; 17 — рукоятка для установки микроманометра в нулевое положение; 18 — рукоятка для пуска вакуум-насоса; 19 — рукоятка дросселирования воздуха; 20 — рукоятка для переключения счетчика на разную производительность.

фильтрования на тканях с различной степенью засоренности выполнены на лабораторной установке ВНИИСВ (рис. 45). Испытуемый образец фильтроткани с определенной площадью зажимался в специальном цилиндре, через который при давлении 10 мм вод. ст. пропускался определенный объем воды. Раствор, прошедший через фильтроткань, поступал в мерную колбу. Исходя из времени наполнения мерной колбы и площади испытуемого образца ткани, можно определить скорость фильтрования

$$V = \frac{V'}{St}, \text{ л/м}^2 \cdot \text{сек},$$

где V' — объем воды, прошедшей через образец ткани, л;
 S — площадь образца, см²;
 t — продолжительность опыта, сек.

2. КИНЕТИКА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЦЕМЕНТИРУЮЩИХ ОСАДКОВ НА ФИЛЬТРОТКАНЯХ

Изучение кинетики кристаллизации цементирующих осадков на поверхности различных типов фильтротканей проводилось на образцах тканей, снятых с работающих барабанных фильтров. В про-

цессе работы фильтров фильтруемая пульпа имела постоянный химический состав и тонкость помола частиц 96—98% — 0,074 мм. Состав руды, реагентов, воды также был равноценным. Следовательно, степень кристаллизации цементирующего осадка на поверхности фильтротканей, предусмотренных для взятия образцов, зависела в основном от периода ее работы на фильтре.

Для изучения кинетики засорения фильтротканей методически было бы правильно получить путем вырезания непосредственно с фильтра необходимых отрезков ткани через определенные промежутки времени ее работы, например через 5 суток. В промышленных условиях для снятия отрезков ткани через эти интервалы остановку фильтров не всегда можно осуществить. Однако нам удалось отобрать образцы фильтротканей со следующими периодами работы:

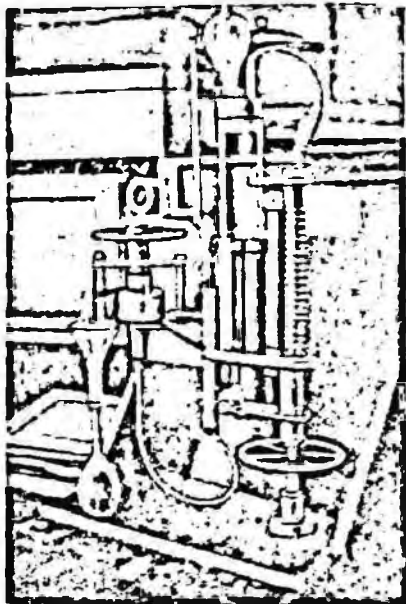


Рис. 45. Установка для определения скорости фильтрования через фильтроткань ВНИИСВ

Фильтроткань	Время работы, сутки
Фильтродиагональ	12, 20, 25, 30
Капрон арт. 1528	13, 25 32, 35
Техническая бязь	13, 23, 25, 30, 33

Полученные образцы анализировались по изложенной выше методике на скорость фильтрования, воздухопроницаемость и вес образующегося осадка на фильтроткани. Результаты опытов показаны на рис. 46, 47.

Зависимость воздухопроницаемости фильтротканей от времени их работы характеризуется семейством кривых (рис. 46), каждая из которых соответствует определенному типу фильтроткани. В индукционный период снижения воздухопроницаемости фильтроткани не наблюдалось. В дальнейшем по мере засорения фильтроткани воздухопроницаемость снижается почти по прямолинейному закону и зависит от срока работы и типа ткани. На капроновых фильтротканях воздухопроницаемость падает значительно меньше, чем на хлопчатобумажных. Аналогичная зависимость для капроновых тканей получена при исследовании скорости фильтрования (рис. 52). С уменьшением воздухопроницаемости фильтроткани и скорости фильтрования возрастает кристаллический осадок на поверхности ткани.

Кинетика образования осадка на поверхности капроновой ткани арт. 1528 показана на микрофотографии (рис. 48) принятых для исследования образцов. Съемка проводилась под микроскопом

при увеличении $\times 30$. Для выявления характера засорения пор ткани кристаллическим осадком при микросъемке наряду с верхним освещением была дополнительно применена нижняя подсветка

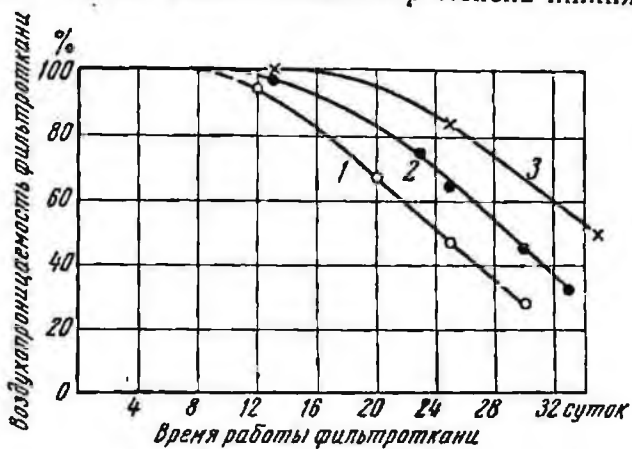


Рис. 46. Зависимость воздухопроницаемости фильтротканей от времени их эксплуатации:

1 — фильтродиагональ; 2 — бязь; 3 — капрон арт. 1528

ткани. При применении такой подсветки на микроснимках отчетливо выявляются белые пятна 1, показывающие наличие отверстий между волокнами тканей. Такое освещение фильтроткани помогло

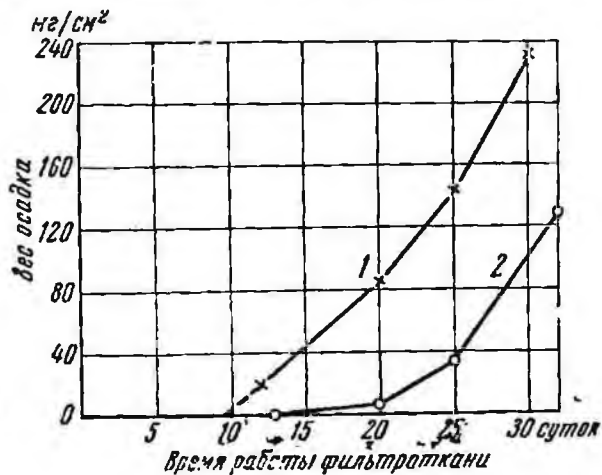


Рис. 47. Зависимость веса отложившегося кристаллического осадка на поверхности фильтротканей от времени их эксплуатации:

1 — фильтродиагональ; 2 — капрон арт. 1528

увидеть изменения конфигурации отверстий ткани при различном периоде ее эксплуатации.

Новая фильтроткань с саржевым переплетением (рис. 48, а) имеет форму отверстий в виде правильных прямоугольников 1,

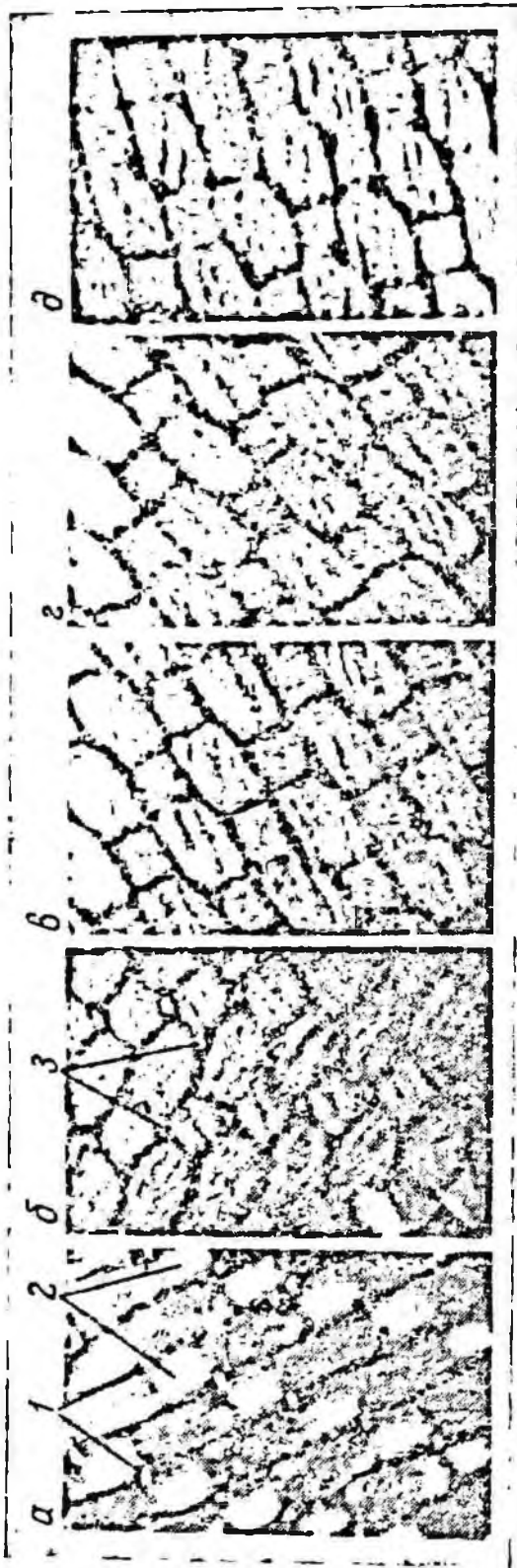


Рис. 48. Микрофотографии капроновой фильтроткани арт. 1528 с различным периодом эксплуатации:
а — новая ткань; б — 13 суток эксплуатации; в — 25 суток; г — 32 суток

ширина которых в среднем составляет 15—20 мк, а длина 45—80 мк. В связи с тем, что капроновая фильтроткань является гладкой, на ее поверхности при незначительном верхнем боковом освещении в результате отражения световых лучей отмечаются яркие отблески ткани 2. Внешняя картина поверхности ткани значительно меняется после ее 13-суточной эксплуатации (рис. 48, б). В этом случае поверхность фильтроткани уже полностью теряет способность отражать световые лучи. Здесь вместо отмеченного отблеска на поверхности фильтроткани появились темные линии 3, свидетельствующие о начале образования кристаллического осадка на ее поверхности. Причем характер отверстий в фильтроткани хотя по-прежнему остался прямоугольный, однако размеры их значительно уменьшились, несмотря на то, что воздухопроницаемость ткани (см. рис. 46) и вес осадка (см. рис. 47) остались почти без изменений.

Это говорит о том, что поверхность фильтроткани, хотя еще и не засорена, но уже полностью подготовлена для образования кристаллических отложений из жидкой и твердой фаз пульпы.

При 25-суточной эксплуатации фильтроткани (рис. 48, в) процесс образования кристаллического осадка на ее поверхности становится довольно очевидным. В этот период хорошо видимые отверстия в незасоренных фильтротканях почти полностью исчезают из поля зрения, а образовавшийся при этом кристаллический осадок покрывает тонкой равномерной пленкой всю поверхность фильтроткани. При дальнейшем увеличении срока эксплуатации фильтроткани (рис. 48, г) до 32 суток последняя становится для нижней подсветки светонепроницаемой, а воздухопроницаемость ее снижается примерно на 65%. В этом случае ткань, как показала практика, еще может эксплуатироваться 5—8 суток. Рост кристаллического осадка на этой фильтроткани резко возрастает и ткань почти полностью теряет свою эластичность. Отложившийся при этом осадок на ее поверхности (рис. 48, д) не смывается и ткань становится почти воздухопроницаемой (см. рис. 46). Дальнейшая эксплуатация такой капроновой фильтроткани нерациональна, так как производительность фильтра резко падает, а съем кека почти полностью прекращается.

Величина и характер отверстий у хлопчатобумажных фильтротканей отличаются от синтетических. Например, толстая и плотная хлопчатобумажная ткань типа фильтродиагональ почти совершенно светонепроницаема для нижней подсветки (рис. 49, а). Проникновению света у этой ткани кроме ее плотности препятствуют еще ворсинки, имеющиеся на поверхности ткани. По мере засорения ткани ее гидравлическое сопротивление растет и поверхность фильтроткани быстро покрывается цементирующей коркой (рис. 49, б, в, г).

Для бязи, имеющей свободное полотняное переплетение, отверстия между волокнами мало заметны, так как они перекрываются ворсинками (рис. 50). При эксплуатации таких тканей

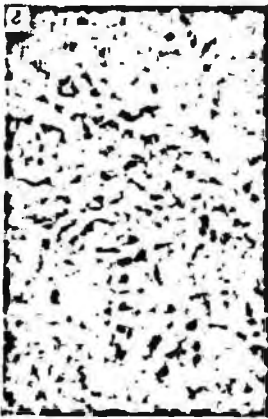
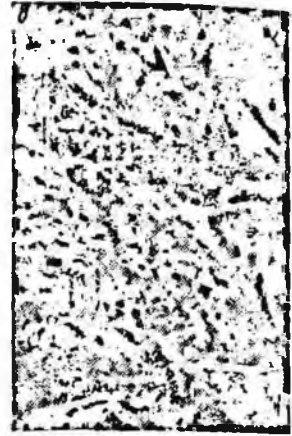


Рис. 49. Микрофотографии хлопчатобумажной ткани фильтродиагональ с различным периодом эксплуатации:

а — новая ткань; б — 12 суток; в — 20 суток; г — 25 суток



Рис. 52. Микрофотографии хлопчатобумажной ткани бязь:

а — новая ткань; б — 30 суток эксплуатации

ворсинки быстро покрываются кристаллическим веществом, выделившимся из жидкой фазы, и задерживающая способность ткани падает. По мере засорения фильтроткани бязь происходит быстрая и полная закупорка пор или некоторое раздвигание волокон и образование довольно значительных и неровных по форме отверстий (рис. 50, а, б). При фильтрации на такой засоренной фильтроткани образовавшийся кек плохо снимается, фильтрат содержит большое количество твердых частиц и фильтр не обеспечивает требуемой производительности.

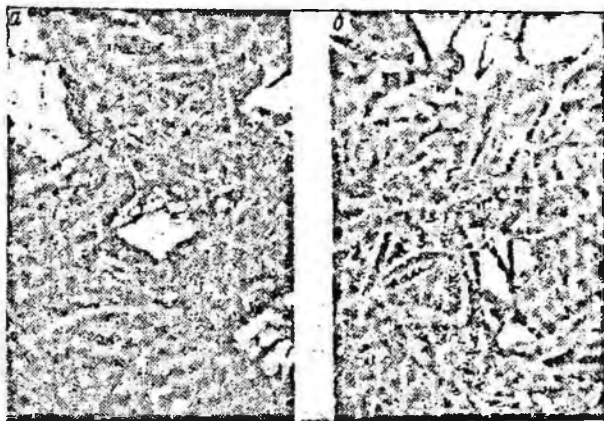


Рис. 51. Микрофотографии подкладочной ткани мешковина:
а — новая ткань; б — 30 суток эксплуатации

Процесс отложения кристаллического осадка происходит аналогично и на поверхности грубых подкладочных тканей, имеющих довольно редкое полотняное плетение типа мешковины, парусины или фильтровальной сетки. На рис. 51 приведена грубая подкладочная льняная ткань до и после 30-суточной эксплуатации. На засоренной ткани также отчетливо виден отложившийся осадок, который в процессе эксплуатации ткани постепенно цементирует ее волокна. В этом случае подкладочная ткань, равно как и основная фильтроткань, грубеет и становится ломкой, гидравлическое сопротивление ее возрастает.

Отложение кристаллического осадка и его структурообразование на фильтроткани протекает (рис. 47) с определенным индукционным периодом работы: для капроновой ткани после 18 суток, хлопчатобумажной — 10 суток. Таким образом, на капроновых фильтротканях кинетика роста кристаллического осадка замедляется почти в два раза. Зависимость скорости фильтрации от срока работы и типа фильтроткани приведена на рис. 52.

Кристаллические соединения на поверхности фильтроткани образуются вначале сравнительно медленно, что связано с малой

начальной скоростью кристаллизации. После того, как фильтроткань проработает свой индукционный период, рост кристаллических отложений на синтетических и хлопчатобумажных фильтротканях заметно возрастает. Однако количество отложений на капроновой ткани меньше, чем на фильтродиагонали. Это можно объяснить различным химическим составом рассматриваемых волокон ткани, а также наличием у этих тканей неодинаковых молекулярных сил, сил Ван-дер-Ваальса, обусловленных гомеоплярной связью между молекулами кристаллизующегося вещества

и фильтроткани, и, наконец, электрических сил, возникающих на контакте двойного электрического слоя.

Накопление и рост зародышей осадка на поверхности фильтроткани приводит к увеличению общей поверхности нововозникших отложений на ткани. Сначала на поверхности фильтроткани образуются субмикроскопические кристаллы, которые постепенно перерастают в макроскопические. Кристаллизация отложений на фильтроткани проходит по сложному физико-химическому процессу, причем кинетика роста кристаллов полностью зависит от количества центров кристаллизации. С увеличением центров кристаллизации на поверхности фильтроткани происходит построение сплошного каркаса кристаллических отложений, по мере образования которого повышается механическая прочность отложения и резко снижается воздухопроницаемость и скорость фильтрования ткани.

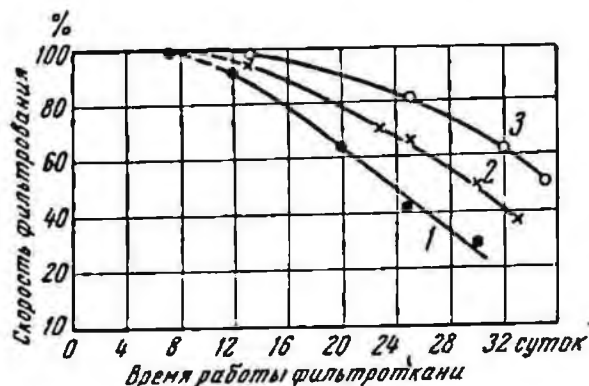


Рис. 52. Зависимость скорости фильтрования от срока работы и типа фильтроткани. 1 — фильтродиагональ; 2 — бязь; 3 — капрон арт. 1528

3. ИЗУЧЕНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФИЛЬТРОТКАНЕЙ

Вопрос восстановления фильтрующей способности фильтроткани не новый. В практике эксплуатации фильтровальных отделений известно немало примеров применения всевозможных способов восстановления — регенерации фильтротканей от засоряющих веществ. Широко используется регенерация фильтротканей при вторичной фильтрации в гидрометаллургии урана и золота. Для восстановления засоренных фильтротканей существуют как механические, так и химические способы. Механические способы восстановления фильтроткани: стирка, соскабливание, продувание — эффективно действуют только на вещества, налипающие на ткань без цементации. К таким веществам чаще всего относится

тонкодисперсная твердая фаза пульпы, удерживаемая на ткани за счет сил когезии. При фильтрации наиболее просто фильтроткань очищается от механических осадков подачей воздуха под давлением; при этом совмещается очистка фильтроткани и отдувка кека. Промышленными испытаниями установлено, что высокая степень очистки ткани достигается при повышенном давлении воздуха на вакуум-фильтре, однако с увеличением давления прочность фильтроткани снижается. Для очистки фильтроткани можно также применять вместо воздуха оборотные растворы, по возможности с минимальным содержанием веществ, способствующих засорению фильтроткани, или химически очищенную воду. Применение исходной (шахтной, речной и др.) воды без предварительной обработки приводит к быстрому засорению фильтроткани. Очистку фильтроткани оборотными растворами или исходной обработанной водой можно рекомендовать только тогда, когда ценным является раствор, а осадок после распульковки выбрасывается. Такой способ очистки может найти применение в гидрометаллургии. При фильтрации концентратов, полученных в процессе обогащения, подобный способ неприемлем. В этом случае лучше всего очищать фильтроткань путем кратковременной остановки фильтра для тщательной промывки его водой с одновременным соскабливанием отлагающегося осадка с ткани специальными щетками.

Рассмотренные механические способы очистки фильтроткани малоэффективны, особенно когда на ткани образуются прочные цементирующие отложения кристаллической структуры. Для очистки фильтроткани от цементирующих осадков целесообразно применять химические способы, которые основаны на растворении кристаллического осадка в различных минеральных кислотах и щелочах [62].

В зависимости от химического состава кристаллического отложения на поверхности фильтроткани в качестве растворителя можно использовать соляную, серную, фосфорную, хромовую кислоты, а также едкие щелочи калия и натрия или другие растворители, например тиосульфат. Для удаления карбонатных отложений с поверхности фильтроткани можно наиболее эффективно использовать соляную кислоту. Удаление этих отложений с помощью фосфорной и хромовой кислот в связи с их дороговизной не рекомендуется.

Сульфатные отложения с поверхности фильтроткани можно удалить путем двукратной обработки ткани сначала в 5—8%-ном растворе едкого натрия, а затем в 3—4%-ном растворе соляной кислоты или путем обработки в 3—5%-ном растворе тиосульфата.

Силикатные отложения с поверхности фильтроткани очень трудно снимаются. Восстанавливать фильтроткани, засоренные силикатами, можно в 3—4%-ном растворе соляной кислоты с добавкой 2,5—2,6%-ного раствора фтористого натрия или фтористого аммония; в 1%-ном растворе едкого натрия и 4%-ном растворе

соляной кислоты с последующей промывкой в 1%-ном растворе едкого натрия.

Приведенные химические способы мало применимы для восстановления хлопчатобумажных фильтротканей, особенно при фильтрации различных флотационных концентратов, содержащих химические продукты, агрессивно действующие на эти ткани. Например, широко используемые при флотации ксантогенаты, как отмечает проф. И. К. Скобеев [58], значительно ослабляют прочность хлопчатобумажной ткани, так как продукты, образующиеся

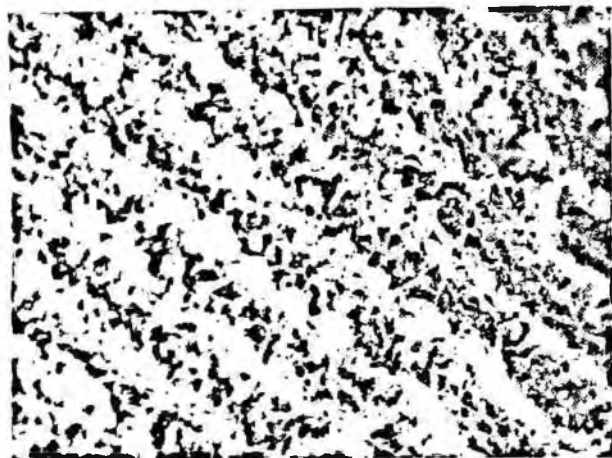


Рис. 53. Восстановленная хлопчатобумажная фильтроткань после 25 суток ее эксплуатации

в результате разложения ксантогената, вступают во взаимодействие с целлюлозой и разрушают ее волокна. При наличии в фильтруемой пульпе сернистого натрия прочность хлопчатобумажной ткани еще больше снижается. Установлено влияние и других флотационных реагентов на прочность фильтроткани. Иногда при фильтрации флотационных концентратов присутствующие реагенты настолько сильно действуют на хлопчатобумажную ткань, что она выходит из строя еще незасоренная. При восстановлении хлопчатобумажных тканей раствором соляной кислоты прочность их резко падает. На рис. 53 показана восстановленная хлопчатобумажная ткань фильтродиагональ после 25 суток работы, где заметна нарушенная структура ее волокон. Поэтому восстановление в промышленности хлопчатобумажных фильтротканей носит частный характер и используется в основном на рамных фильтрах и фильтр-прессах. На барабанных и дисковых вакуум-фильтрах восстановления фильтротканей почти не проводят.

Химическим способом наиболее эффективно можно восстанавливать синтетические фильтроткани. Эти ткани устойчивы к действию применяемых флотореагентов и при восстановлении в выше-

указанных растворах кислот и щелочей сохраняют свою прочность (рис. 54).

Для изыскания оптимальных условий восстановления синтетических фильтротканей химическим способом проведена серия лабораторных опытов. Чтобы сравнить полученные результаты, были поставлены аналогичные опыты на хлопчатобумажных фильтротканях фильтродиагонали и технической бязи. Исследуемые образ-

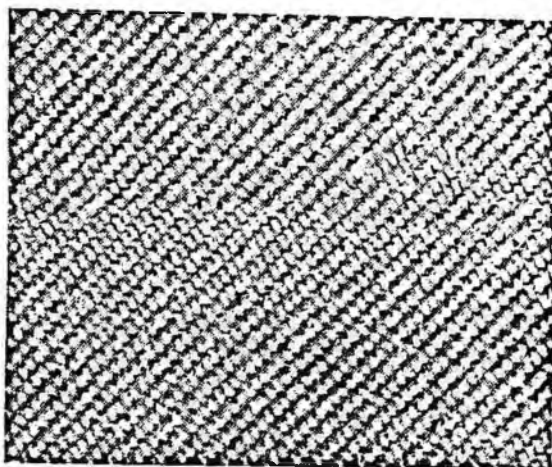


Рис. 54. Восстановления капроновая фильтроткань арт. 1528 после 32 суток ее эксплуатации

цы фильтротканей были сняты с барабанных вакуум-фильтров после следующего времени их работы:

Капрон арт. 1528	32 суток
Лавсан арт. 21710,3	30 "
Фильтродиагональ	30 "
Бязь техническая	30 "

Эти фильтроткани практически были полностью засорены кристаллическими карбонатными отложениями и непригодны для дальнейшей фильтрации.

Лабораторные опыты проводили с целью:

- определить концентрацию раствора соляной кислоты для восстановления фильтровальных тканей от времени их обработки;
- изучить воздухопроницаемость фильтротканей при различной концентрации соляной кислоты;
- выявить влияние времени восстановления фильтротканей на их воздухопроницаемость.

В опытах использовался раствор соляной кислоты с концентрацией 0,38; 0,75; 1,5; 3,0%. Методика обработки фильтроткани соляной кислотой приведена в III главе.

На рис. 55, 56, 57 показаны зависимости воздухопроницаемости фильтротканей от концентрации соляной кислоты и времени обработки тканей. Из рисунков видно, что все исследуемые ткани легко восстанавливались, причем капроновая и лавсановая фильтроткани регенерировались быстрее фильтродиагонали. Это связано с тем, что на синтетических фильтротканях общее количество отложений меньше, чем на фильтродиагонали. Кроме того, на капроне и лавсане больше (в процентном отношении) откладывается карбонатных отложений (см. табл. 35), которые хорошо растворяются в соляной кислоте. Опытами установлено, что для полного восстановления фильтротканей, когда кривые воздухопроницаемости остаются постоянными (см. рис. 55, 56), достаточна обработка в 1,5%-ном растворе соляной кислоты фильтродиагонали в течение 30 мин, а синтетических фильтротканей — 10—15 мин. Однако полное восстановление фильтроткани можно получить и при другой концентрации соляной кислоты, при этом необходимо изменить время обработки ткани. На основе многочисленных экспериментов нами разработана номограмма для определения полного восстановления фильтротканей в зависимости от времени обработки и концентрации кислоты (см. рис. 57). Эта номограмма позволяет подобрать оптимальные условия восстановления фильтротканей. Например, при концентрации кислоты 0,75% время регенерации фильтродиагонали составляет 60 мин, капрона — 20 мин. Минимальная концентрация раствора соляной кислоты для восстановления фильтротканей должна быть не менее 0,35%. С увеличением концентрации кислоты время восстановления ткани снижается. Концентрацию кислоты не следует применять выше 3%.

При восстановлении фильтротканей необходимо регулярно поддерживать концентрацию соляной кислоты, так как по мере восстановления тканей часть кислоты израсходуется. Между тем методика расчета для определения количества кислоты, которое необходимо дополнить вновь для создания оптимальных условий восстановления фильтротканей, отсутствует. При регенерации фильтротканей расчет потребного количества соляной кислоты P для поддержания раствора определенной концентрации предлагается находить по формуле

$$P = \frac{AK0,73 \cdot 100}{c}, \text{ кг,}$$

где A — количество отложений на поверхности фильтроткани, которое можно определить, зная общую площадь палатки F и вес отложений на 1 см^2 q , кг,

$$A = Fq;$$

K — коэффициент, учитывающий тип фильтроткани; этот коэффициент устанавливается в зависимости от % соотношения карбонатных отложений на фильтроткани: для капрона $K=0,8$; для фильтродиагонали $K=0,7$;

Рис. 55. Зависимость воздухопроницаемости фильтроткани от времени их обработки в 1,5%-ной соляной кислоте:

1 — фильтродиагональ; 2 — лавсан; 3 — капрон арт. 1528

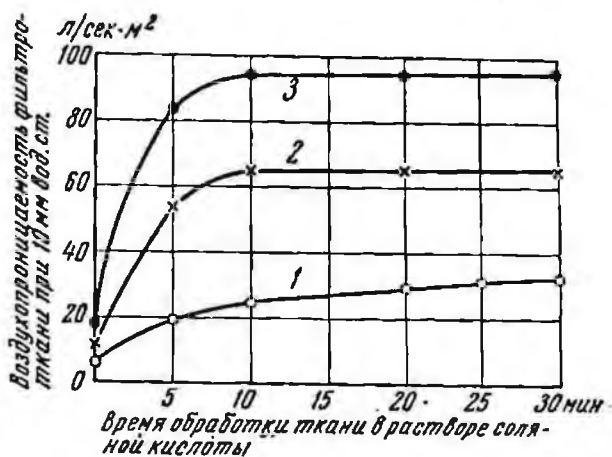


Рис. 56. Зависимость воздухопроницаемости фильтроткани от концентрации раствора соляной кислоты:

1 — фильтродиагональ; 2 — лавсан; 3 — капрон арт. 1528

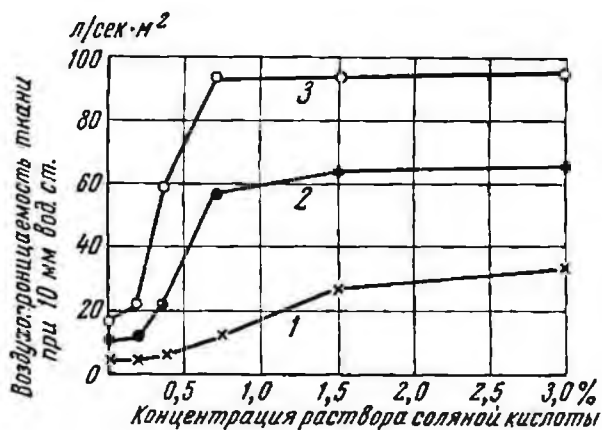
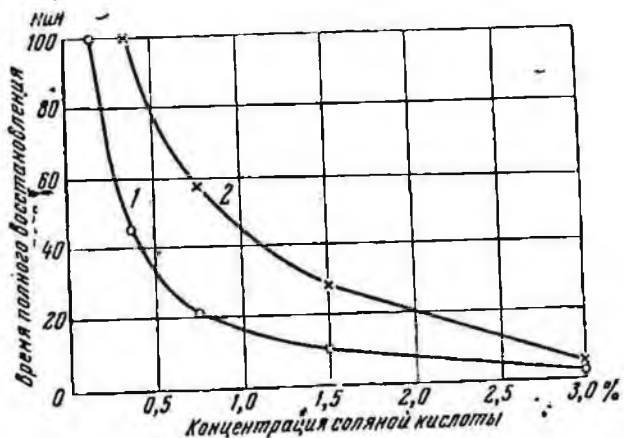


Рис. 57. Номограмма для восстановления фильтротканей в зависимости от концентрации соляной кислоты:

1 — капрон арт. 1528; 2 — фильтродиагональ



0,73 — количество 100%-ной соляной кислоты, необходимое для растворения 1 кг карбонатных отложений, кг;

c — концентрация технической соляной кислоты, %.

Поскольку стоимость соляной кислоты сравнительно высокая и она дефицитна, то в некоторых случаях целесообразно регенерировать соляную кислоту. Регенерацию можно осуществить с помощью серной кислоты. При этом гексагидритная соль хлористого кальция, образующаяся при восстановлении тканей, при взаимодействии с серной кислотой образует соляную кислоту по реакции



Для регенерации соляной кислоты, исходя из стехиометрического соотношения между серной и соляной кислотами, потребное количество серной кислоты

$$C = \frac{10\lambda V K (c_1 - c_2)}{\gamma}, \text{ л/м}^3,$$

где c_1 — исходная концентрация соляной кислоты перед восстановлением фильтроткани, %;

c_2 — концентрация кислоты после восстановления фильтроткани, %;

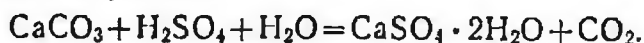
V — объем регенерируемого раствора соляной кислоты, м³;

γ — удельный вес технической серной кислоты, кг/л;

λ — коэффициент, представляющий отношение эквивалентного веса серной кислоты к эквивалентному весу соляной кислоты, $\lambda = 1,34$;

K — коэффициент, учитывающий остаточную концентрацию гексагидритной соли хлористого кальция в растворе. Практически этот коэффициент можно принять равным 0,9.

Если при регенерации соляной кислоты не учитывается коэффициент K , то может оставаться избыток серной кислоты в растворе. Это приведет к загипсовыванию фильтроткани вместо ее восстановления по реакции



Вторичное восстановление загипсованной фильтроткани значительно усложняет процесс восстановления и во многих случаях полностью не позволяет восстановить ткань.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ НА СИНТЕТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОТКАНЯХ ПОСЛЕ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Регенерация синтетических фильтротканей возможна. Однако неясно, как будут вести себя восстановленные синтетические фильтроткани непосредственно при фильтрации рудных пульп и каковы

при этом будут технологические показатели фильтрации. Поэтому было необходимо выяснить эффективность промышленного применения синтетических фильтротканей после их восстановления.

Определение технологических показателей фильтрации выполнено на восстановленных синтетических фильтротканях трех сортов: капрон арт. 1528, 1538 и лавсан арт. 21710(3). Для наблюдения первоначально был установлен на фильтр восстановленный в 1,5%-ном растворе соляной кислоты капрон арт. 1538, который проработал до регенерации 35 суток. Технологические показатели при повторном применении этого капрона приведены в табл. 41.

Таблица 41

Основные технологические показатели фильтрации на восстановленной капроновой фильтроткани арт. 1528

Продолжительность работы ткани, суток	Производительность фильтра, т/суток	Отношение Ж : Т	Влажность кека, %	Качество фильтра, г/л	Содержание класса —0,074 м.м в пудле, %	Продолжительность работы ткани, суток	Производительность фильтра, т/суток	Отношение Ж : Т	Влажность кека, %	Качество фильтра, г/л	Содержание класса —0,074 м.м в пудле, %
1	81,4	1,6	26,0	1,35	96,3	14	79,2	1,7	27,8	1,87	95,6
2	80,7	1,8	25,4	1,02	96,7	15	79,4	1,8	27,1	1,93	97,3
3	82,4	1,4	26,1	0,99	95,8	16	76,9	1,9	27,9	2,19	96,2
4	81,9	1,5	26,8	1,15	94,6	17	77,7	1,8	28,3	1,98	95,4
5	—	—	—	—	—	18	78,1	1,5	28,8	2,35	96,4
6	80,6	1,7	26,5	1,98	97,3	19	—	—	—	—	—
7	82,4	1,4	27,1	2,43	96,4	20	74,2	1,6	28,2	3,15	95,7
8	80,3	1,6	26,8	1,72	98,1	21	70,1	1,5	28,7	2,13	97,2
9	79,4	1,9	27,3	1,44	96,3	22	67,3	1,6	27,6	1,84	96,4
10	81,4	1,6	27,1	2,75	95,4	23	64,6	1,7	28,1	1,76	95,8
11	81,7	1,5	26,9	2,47	97,2	24	62,3	1,8	28,8	2,48	96,2
12	—	—	—	—	—	25	58,7	1,6	29,2	2,74	97,1
13	80,1	1,6	27,6	1,54	94,6						

По данным табл. 41 и 25 построены кривые зависимости производительности фильтра от времени его работы при исходном и восстановленном капроне арт. 1528 (рис. 58). Производительность фильтра, экипированного восстановленным капроном, в течение первых 15 суток была равна производительности, достигнутой на исходном (новом) капроне. В дальнейшем по мере увеличения срока работы фильтра производительность его постепенно снижалась, причем характер изменения этой зависимости был аналогичен зависимости, полученной на капроне, не подвергнутому восстановлению. По сравнению с исходным капроном на восстановленном капроне производительность фильтра начала снижаться всего лишь на 5 дней раньше. Это вызвано тем, что после восстановления ткани в растворе соляной кислоты на поверхности фильтроткани остается некоторое количество нерастворенных твердых продуктов, за счет которых ткань быстрее засоряется и снижается ее фильтра-

сионная способность. На снижение производительности фильтра, экипированного восстановленной фильтротканью, также влияют физико-химические свойства ткани, приобретенные в процессе ее аппретирования. Наличие аппрета на поверхности фильтроткани снижает сорбционные свойства волокна. При эксплуатации и восстановлении фильтроткани эти свойства нарушаются. Это и обуславливает повышение сорбционной способности восстановленной ткани и ее степени засорения.

Восстановленная капроновая фильтроткань арт. 1528 проработала всего 25 суток, а затем в связи с поломкой фильтра ее пришлось снять. Таким образом, испытываемая капроновая ткань

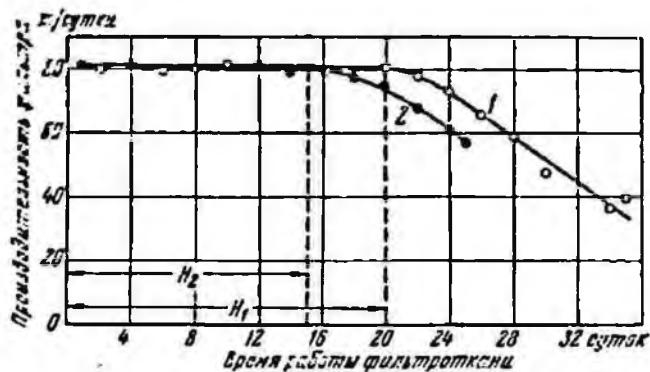


Рис. 58. Зависимость производительности фильтра от времени работы исходной (1) и восстановленной капроновой фильтроткани арт. 1528 (2)

в общей сложности находилась в работе 60 суток, из них до восстановления — 35 суток. Снятая с фильтра капроновая ткань после восстановления была только частично карбонизирована, до полной ее карбонизации фильтр мог работать еще 7—10 суток. По внешним признакам капроновая ткань, полностью восстановленная после 60 суток работы, почти не отличалась от исходного капрона (рис. 59). Незначительный износ рассматриваемой фильтроткани отмечался под обмоточной проволокой.

При проведении вторичного восстановления ткани необходимо, чтобы межрегенерационный период ткани не превышал 25 суток, при однократном восстановлении этот период можно увеличить до 30 суток. С увеличением указанных сроков работы фильтроткань перетирается под проволокой, особенно в местах изгиба ткани и в пазах между решетками. Для сохранения прочности фильтроткани важно следить, чтобы линия обмоточной проволоки на ткани не совпадала с линией, которая проходила при предшествующей обмотке. При полном восстановлении капроновой ткани (арт. 1528) срок ее службы можно увеличить в два раза и более.

Наиболее важным технологическим показателем работы восстановленной фильтроткани является качество фильтрата. Сравни-

вая качество фильтрата, полученного до и после восстановления капроновой фильтроткани арт. 1528 (см. табл. 26 и 41), видно, что качество фильтрата после восстановления ткани снижается незначительно. Это вызвано тем, что при такой длительной работе фильтра на ткани появляются просечки, в основном вызванные не износом ткани, а просто механическим повреждением ее: прорывами, прорезями различными твердыми предметами, имеющимися в пульпе, а также перерезанием обмоточной проволокой, особенно

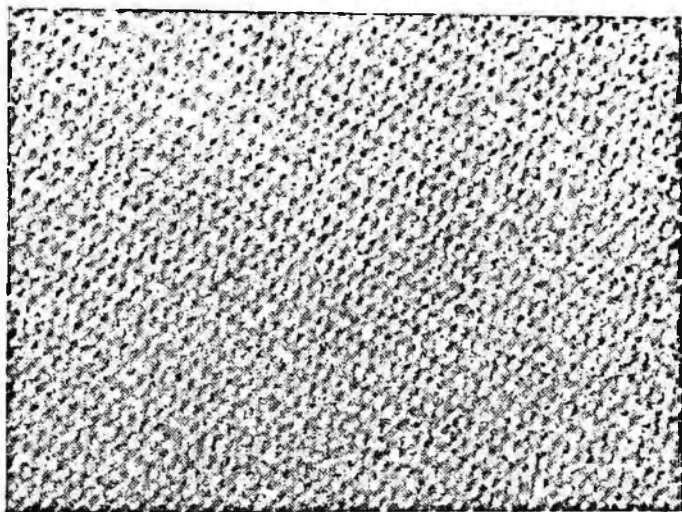


Рис. 59. Капроновая фильтроткань арт. 1528 после 60 суток ее эксплуатации и двукратного полного восстановления (черная полоса на ткани — место обмоточной проволоки)

вблизи изгиба ткани в паз. В случае отсутствия механических повреждений на фильтроткани качество фильтрата не мешается. Это дополнительно проверено на стандартной фильтровальной установке при фильтрации через исходный и восстановленный капрон, где качество фильтрата не изменялось и составляло 0,8 г/л.

Были поставлены опыты по восстановлению фильтроткани непосредственно на барабане фильтра. Изучение возможности восстановления капроновой фильтроткани арт. 1538 проводилось без снятия ткани с барабана на 21 сутки работы фильтра, когда производительность его из-за засорения фильтра ткани начала снижаться (рис. 60, кривая для капрона). Фильтроткань обрабатывали раствором соляной кислоты. Для этого фильтр был отключен от всех коммуникаций, промыт и остановлен. В ванну фильтра был налит раствор соляной кислоты. После трехчасовой промывки при вращении барабана фильтра в растворе соляной кислоты кислотный раствор был нейтрализован известью и фильтр был снова пущен в работу. Производительность фильтра сразу же возросла

и достигла первоначального уровня (см. табл. 25 и рис. 60). Но так как при восстановлении фильтрующей способности ткани в ванну был подан раствор соляной кислоты малой концентрации (0,3%), ткань восстановилась неполностью, и поэтому через 8 суток работы фильтр снова начал снижать свою производительность. Этот опыт подтвердил, что фильтроткань можно восстанавливать непосредственно на фильтре.

Однако восстановление фильтровальной ткани прямо на фильтре с помощью соляной кислоты очень опасно. При промывке

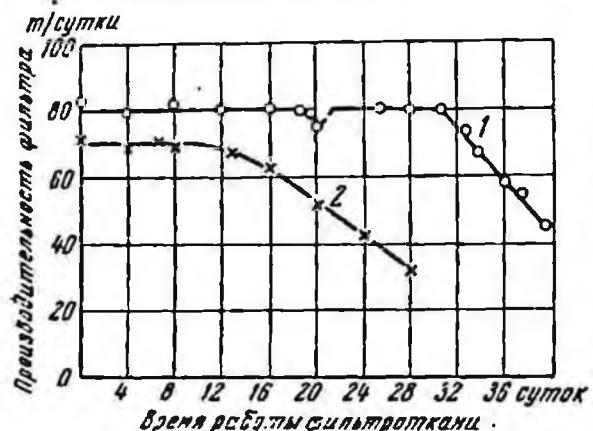


Рис. 60. Зависимость производительности фильтра от времени работы фильтротканей:
1 — капрон арт. 153Р; 2 — фильтродиагональ

ванны всегда остается постель, насыщенная цианистыми соединениями, которые при взаимодействии с соляной кислотой образуют синильную кислоту. Эта кислота при испарении создает очень ядовитую атмосферу в цехе. При таком способе восстановления фильтротканей оборудование подвергается коррозии. Для снижения коррозии в кислотный раствор добавляют замедлители — ингибиторы: уротропин, формалин, замедлители марки ПБ-5, ПБ-6, столярный клей. Кон-

центрация этих замедлителей не должна превышать 1—1,5 г/л. Однако применение ингибиторов не дает полной гарантии предотвращения кислотной коррозии оборудования. Поэтому восстановление фильтротканей соляной кислотой непосредственно на фильтре нельзя широко рекомендовать. Этот способ восстановления может быть применен только в отдельных случаях.

В промышленных условиях кроме капроновых фильтротканей исследована эффективность восстановления лавсановой фильтроткани. Опытами установлено, что лавсановая фильтроткань в процессе регенерации восстанавливает свои фильтрационные свойства. При этом производительность фильтра и качество фильтрата являются такими же, какими они были в первый дорегенерационный период.

Восстановленная в 1,5%-ном растворе соляной кислоты лавсановая фильтроткань находилась в работе 30 суток. Общий срок ее работы составил 60 суток. За это время она не потеряла своей механической прочности. На ткани не обнаружено никаких повреждений (рис. 61). Лавсановую фильтроткань можно вторично восстанавливать и этим почти в три раза увеличить срок ее службы.

Промышленные исследования показали, что основные технологические показатели фильтрации на синтетических фильтротканях до и после их восстановления равноценны. Поэтому для продления срока службы синтетических фильтротканей следует широко рекомендовать их восстановление. Применяя восстановление синтетических фильтротканей, можно увеличить срок их эксплуатации в два-три раза без снижения технологических показателей фильтрации.

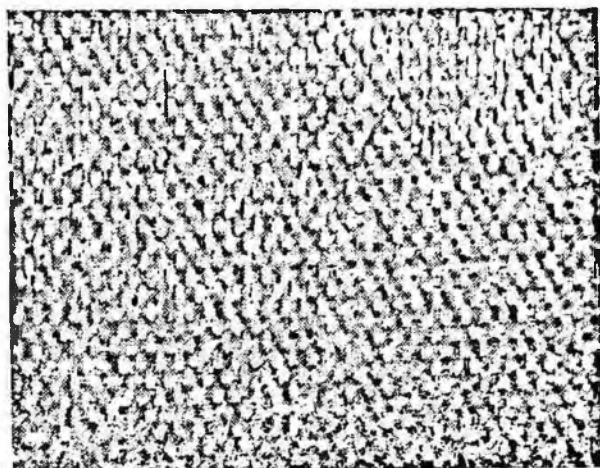


Рис. 61. Лавсановая фильтроткань арт. 21170/3 после 60 суток ее эксплуатации и двукратного полного восстановления

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОТКАНЕЙ

Выполненные исследования показали, что синтетические фильтроткани по сравнению с хлопчатобумажными имеют более высокие технологические показатели при фильтрации рудных пульп. Кроме того, они дают значительный экономический эффект за счет увеличения срока службы ткани и повышения производительности фильтров. Для того чтобы выявить экономическую эффективность синтетических фильтротканей и этим способствовать широкому их внедрению в практике фильтрации рудных пульп, разработана методика экономической оценки фильтротканей. При этом резуль- тативный показатель экономического эффекта синтетических фильтротканей, с учетом применяемого для них подкладочного основания, определяется из выражения

$$\mathcal{E} = Nq \left[\left(1 - \frac{\beta}{100} \right) nr + n'r' \right],$$

где N — количество фильтров, необходимых для обеспечения нормальной производительности фильтровального отделения на стандартной хлопчатобумажной ткани типа фильтродиагонали;

q — количество ткани, необходимой для экипировки одного фильтра, м;

β — средний рост производительности фильтра на синтетических фильтротканях по сравнению с хлопчатобумажными, %;

l — число переэкипировок синтетической ткани в год;

r — цена 1 м синтетической ткани, руб.;

l' — число переэкипировок подкладочного основания;

r' — цена 1 м подкладочного основания, руб.;

Пример. Расчет стоимости капроновой фильтроткани арт. 1528, израсходованной в течение года.

$$Э = 24 \cdot 52 \left(1 - \frac{25}{100}\right) 6 \cdot 1,91 + 4 \cdot 0,7 = 14\,000 \text{ руб.}$$

Согласно данным, полученным на золотонизвлекательной фабрике, для фильтрации рудных пульп в случае экипировки фильтров фильтродиагональю требуется 24 фильтра. При сроке работы фильтродиагонали 30 суток в год производится 12-кратная замена ткани на фильтре. Так как на один фильтр требуется 54 м, то общий годовой расход фильтродиагонали равен 15 552 м. При цене фильтродиагонали 1,13 руб. за 1 м стоимость всей ткани составляет 17 473 руб. Сводные результаты экономического расчета по двум типам капроновых фильтротканей арт. 1528 и 1538 и фильтродиагонали приведены в табл. 42.

Таблица 42

Расчет показателей фильтротканей, израсходованных за год

Показатели	Фильтродиагональ	Капрол арт. 1528	Капрол арт. 1538	Подкладочное основание мешковина
Срок работы ткани на фильтре, сутки	30	60	60	90
Количество фильтров, необходимых для нормальной работы фильтровального цеха, шт.	24	18	18	—
Стоимость 1 м фильтроткани, руб.	1,13	1,9	2,4	0,7
Количество переэкипировок в год	12	6	6	4
Общий расход фильтроткани в год, м	15 500	5 830	5 830	4 090
Стоимость израсходованной фильтроткани в год, руб.	17 500	11 150	14 000	2 850
Общая стоимость фильтроткани с учетом подкладочного основания, руб.	17 500*	14 000	16 850	—

* Фильтродиагональ экипируется на фильтр без подкладочного основания.

Проведенный расчет экономической эффективности показывает высокую перспективность применения синтетических фильтротканей. Внедрение, например на Тасеевской обогатительной фабрике капроновой фильтроткани арт. 1528 позволяет сэкономить в год только на снижении расхода ткани 3500 руб. Помимо этого, значительная экономия от внедрения синтетических фильтротканей получается в результате снижения эксплуатационных и амортизационных расходов по фильтровальному отделению, так как необходимая его производительность обеспечивается меньшим числом фильтров. Аналогичные расчеты показывают, что экономия от внедрения синтетических фильтротканей, например, на пяти крупных обогатительных фабриках (Норильская, Джезказганская, Алмалыкская, Зыряновская, Балхашская) составит более 300 тыс. руб. в год.

В настоящее время внедрение капроновых фильтротканей в практику фильтрации рудных пульп вполне реально. Следовательно, ввиду значительного роста производства капроновых волокон можно полностью обеспечить потребность в капроновых фильтротканях как существующие, так и вновь строящиеся обогатительные фабрики.

Капроновая фильтроткань должна найти широкое применение при фильтрации рудных пульп. Использование для фильтрации капрона в щелочных средах и лавсана в кислых и щелочных средах позволит высвободить для нужд народного хозяйства миллионы метров хлопчатобумажных тканей и одновременно значительно интенсифицировать процесс фильтрации.

Выводы

1. На основе промышленных и лабораторных экспериментов изучена кинетика кристаллизации цементирующего осадка на поверхности синтетических фильтротканей и разработаны возможные способы их восстановления в зависимости от типа волокна и химического состава отложений.

2. Степень кристаллизации цементирующего отложения на поверхности фильтроткани определялась в лабораторных условиях на образцах ткани (капрон арт. 1528, фильтродиагональ, техническая бязь), снятых непосредственно с фильтров с различным временем работы (от 10 до 35 суток). Для качественной оценки работы фильтротканей разработана методика установления основных критериев (вес отложившегося осадка на ткани, воздухопроницаемость и скорость фильтрования), характеризующих степень засорения ткани. На основе предложенной методики установлено, что на синтетических фильтротканях по сравнению с хлопчатобумажными значительно меньше образуется отложений. Кристаллические отложения на поверхности фильтротканей появляются после определенного индукционного периода работы: на капроновой ткани после 18 суток, хлопчатобумажной — 10 суток. В этом случае как на синтетической, так и хлопчатобумажной

фильтротканях кривые воздухопроницаемости и скорости фильтрования снижаются и имеют вид почти прямолинейной зависимости. Воздухопроницаемость фильтроткани на 15-, 20- и 30-е сутки работы соответственно составила для капрона 94; 78; 64 л/м²·сек, для фильтродиагонали — 33,4; 25,0; 11,6 л/м²·сек. После окончания индукционного периода по аналогичной зависимости возрастает вес кристаллического осадка на поверхности фильтроткани. Количество осадка на 15-, 20- и 30-е сутки работы ткани достигает на капроне 0; 0,5; 98 мг/см², фильтродиагонали — 40; 84; 235 мг/см². Рост этого осадка на фильтротканях определяется в основном типом тканей и сроком их работы.

3. Фильтрующую способность фильтроткани наиболее эффективно восстанавливать химическим путем, так как механическая регенерация ткани не позволяет полностью снять кристаллический осадок с поверхности ткани. Для снятия цементирующих карбонатных, сульфатных, силикатных и смешанных отложений рекомендуется применение минеральных кислот (соляной, фосфорной, азотной, серной) и щелочей (едкий калий или едкий натрий). Концентрация этих растворов и время обработки фильтроткани зависят от типа кристаллических отложений на поверхности фильтроткани.

В результате исследований определена зависимость концентрации раствора соляной кислоты от времени обработки ткани, необходимая для восстановления разных типов фильтротканей с карбонатными отложениями. Это дало возможность построить номограмму, по которой можно легко установить оптимальные условия восстановления фильтротканей и предложить расчетные формулы определения расхода кислоты для снятия осадка, отложившегося на поверхности фильтроткани.

4. Установлена в промышленных условиях зависимость основных технологических показателей фильтрации на восстановленных синтетических фильтротканях (капрон арт. 1528, 1538 и лавсан 21710/3) от времени их работы на фильтре. При этом в индукционный период работы ткани производительность фильтра, полнота съема кека, качество фильтрата, влажность кека и другие показатели являются аналогичными показателям, полученным на фильтрах без восстановления. С учетом восстановления срок службы синтетических фильтротканей увеличивается в два и более раза.

5. Техничко-экономическое сравнение показало высокую эффективность и перспективность применения синтетических фильтротканей для фильтрации рудных пульп. Синтетические фильтроткани должны найти широкое распространение в практике фильтрации руд цветных, редких и благородных металлов, а также горно-химического сырья и солей.

6. Для дальнейшего повышения эффективности синтетических фильтротканей важно изыскать действенные способы предотвращения кристаллических отложений на поверхности этих типов фильтротканей.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НА ФИЛЬТРОТКАНЯХ

Несмотря на важность проблемы предотвращения отложений на поверхности фильтротканей, она в литературе освещена недостаточно. В практике фильтровальных отделений обогатительных фабрик каких-либо эффективных методов борьбы с предотвращением засорений фильтротканей по существу не применяют.

Чтобы снизить отложения, образующиеся на поверхности фильтротканей, необходимо вывести из фильтруемой пульпы засоряющие вещества, которые в процессе фильтрации отлагаются на поверхности ткани, или создать такие условия, при которых процесс засорения резко замедляется. Эта задача может быть решена за счет химического воздействия на фильтруемую пульпу путем добавления различных реагентов. Но наиболее эффективными для предотвращения отложений на фильтротканях, с нашей точки зрения, являются физические методы обработки фильтруемой пульпы.

1. ХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ФИЛЬТРОТКАНЕЙ

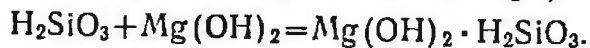
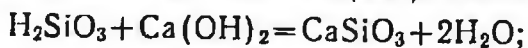
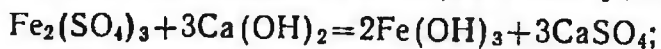
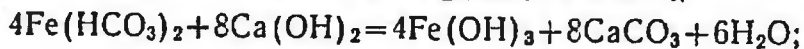
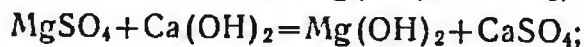
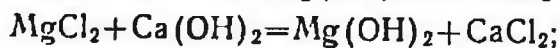
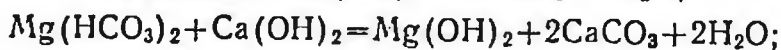
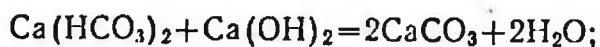
Ранее отмечалось, что основной причиной выделения в процессе фильтрации из жидкой фазы кристаллических соединений и их отложения на поверхности фильтроткани является наличие в пульпе в растворенном состоянии разнообразных химических продуктов, образующихся как при выщелачивании твердой фазы, так и при добавлении реагентов для регулирования технологического процесса. Также большое количество химических компонентов (двууглекислых, углекислых, сернокислых солей кальция, магния, натрия и др.), чаще всего находящихся в насыщенном состоянии, поступает на фильтроткань с исходной, особенно с шахтной водой. Эти химические соединения в пульпе нередко находятся не только в растворенном состоянии в виде отдельных ионов, но и в виде

мелких коллоидных частиц, размером от миллимикрона до 0,1 мк, несущих определенный заряд.

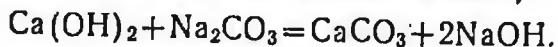
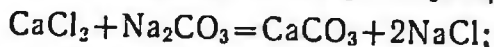
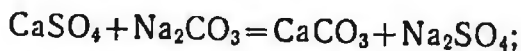
Предотвращения образования цементирующих отложений на поверхности фильтроткани можно достигнуть дополнительным введением в пульпу химических веществ, которые, взаимодействуя с ионами и коллоидными частицами пульпы, переводят их в труднорастворимые соединения. Это позволяет уменьшить в жидкой фазе пульпы общее количество веществ, засоряющих поверхность фильтроткани, так как в процессе фильтрации выпавшие труднорастворимые соединения легко задерживаются кеком, или создать такие условия фильтрации, в которых процесс кристаллизации химических компонентов жидкой фазы на поверхности фильтроткани резко замедляется.

В качестве химических веществ, снижающих степень засорения фильтроткани ионами и коллоидными частицами, можно рекомендовать известь, соду, фосфатные соединения (тринатрийфосфат, гексаметафосфат и другие вещества), а также поверхностно-активные вещества.

Перейдем к рассмотрению влияния этих веществ на процесс засорения поверхности фильтроткани кристаллическими осадками (на примере карбонатных отложений). При добавлении извести и соды в пульпу резко изменяется ионное произведение растворимости веществ, засоряющих фильтроткани. При этом самопроизвольно происходит коагуляция коллоидных частиц и химическая очистка пульпы от солей жесткости — главных веществ, засоряющих фильтроткани кристаллическим осадком. При взаимодействии извести с солями жесткости происходят следующие реакции



Аналогичные реакции протекают в пульпе при добавлении соды:



Из приведенных уравнений видно, что в результате обработки пульпы содо-известковыми растворами, образуются труднораствор-

римые соединения CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, выпадающие в осадок, которые при фильтрации задерживаются кеком и не откладываются на поверхности фильтроткани. Эта особенность была отмечена нами при проведении промышленных испытаний фильтротканей. При снижении щелочности пульпы с $\text{pH}=10,8$ до $\text{pH}=9,0$ (щелочность создавалась известью) полнота съема кека из-за большей степени засорения ткани снижалась на 10—15%. Рассмотренный пример наглядно показывает влияние извести на процесс очистки пульпы от засоряющих фильтроткань веществ.

Положительное действие процесса известкования сильно минерализованной шахтной воды на засорение фильтроткани отмечалось в работе проф. С. В. Бессонова и доц. В. Р. Хохлова [4], которые указывают, что «после того, как для удаления кека с рамного фильтра стали подавать воду, предварительно обработанную известью, на 40 рамах комплекта одного фильтра в течение 40 суток (от промывки до очередной промывки фильтровальной ткани), наращивается слой на 93 кг меньше, чем за то же время при введении в рамы водопроводной воды». Как видно, предварительная обработка минерализованной воды и пульпы известью значительно уменьшает степень засоренности фильтроткани и этим способствует повышению производительности фильтров.

При фильтрации щелочных пульп одним из путей предотвращения образования кристаллического осадка карбоната кальция на поверхности фильтроткани может служить обработка фильтруемых пульп фосфатными соединениями, особенно гексаметафосфатом $[(\text{NaPO}_3)_6]$ или тринатрийфосфатом (Na_3PO_4) , а также динатрийфосфатом $(\text{Na}_2\text{HPO}_4)$, пирофосфатом натрия $(\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_5)$, кислым пирофосфатом натрия $(\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7)$, пироксерно-фосфорнокислым натрием $(\text{Na}_3\text{PSO}_4)$.

Фосфатные соединения нашли применение в зарубежной практике на обогатительных фабриках Канады, Мексики [74]. На этих фабриках при добавлении в фильтруемую пульпу гексаметафосфата натрия в пределах 1—5 г/м³ увеличивается срок работы фильтроткани в 1,5 раза за счет снижения степени отложения карбоната кальция на поверхности фильтроткани.

Специальным исследованием, проведенным проф. И. К. Скобеевым в Иркутском политехническом институте [11], установлено, что с применением фосфатных соединений, особенно гексаметафосфата, при фильтрации рудных пульп происходит замедление отложений карбоната кальция на поверхности фильтроткани, так как образуются, по-видимому, сольватные пленки, препятствующие росту осадка. Содержание фосфатов в пульпе достаточно 5—10 г/м³. Более высокие дозировки фосфатов не улучшают технологические показатели фильтрации.

Фосфатные соединения не вызывают коррозии фильтрационного оборудования и могут быть использованы при фильтрации щелочных пульп для предотвращения образования кристаллических отложений карбоната кальция на поверхности фильтротканей.

Большой практический интерес для предотвращения образования кристаллических отложений на поверхности синтетических фильтротканей представляют поверхностно-активные вещества, которые наносят на фильтроткань в процессе ее прядения для улучшения технологии изготовления, особенно снижения электростатического заряда и трения, а также придания мягкости волокну. В качестве поверхностно-активных веществ при изготовлении синтетических тканей применяются как неионогенные (ОП-4, ОП-7, ОП-10), так и катионогенные вещества, а также всевозможные

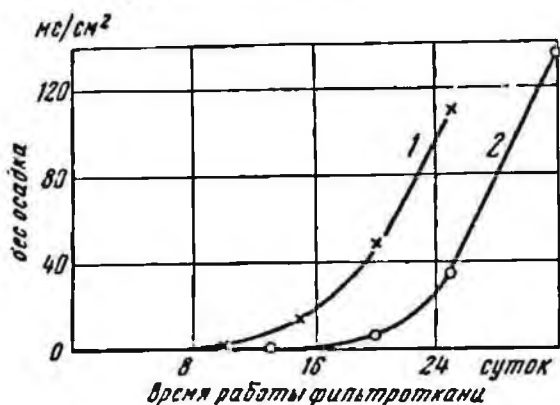


Рис. 62. Кинетика образования кристаллического осадка на поверхности капроновой фильтроткани арт. 1528

1 — ткань после восстановления; 2 — новая ткань

полиспирты, мыла, масла, жиры, гигроскопические соли, борная кислота, глицерин, гликол и другие [38].

Эти вещества, изменяя свойства поверхности волокна, влияют на образование осадка на ткани. Такое явление было установлено опытным путем в промышленных условиях. В качестве ткани, обработанной поверхностно-активными веществами, была принята новая капроновая фильтроткань (арт. 1528), а необработанной поверхностно-активными веществами —

эта же ткань, но восстановленная после 32-суточной эксплуатации (восстановление выполнено в 1,5%-ном растворе соляной кислоты), так как в процессе работы ткани и ее восстановления поверхностно-активные вещества постепенно вымываются, выщелачиваются и фильтроткань теряет приобретенные от этих веществ свойства. Это было прослежено при определении дзета-потенциала. На ткани, обработанной поверхностно-активными веществами (исходная ткань), дзета-потенциал не удалось определить. Однако на ткани без поверхностно-активных веществ, т. е. восстановленной после работы, дзета-потенциал определяли без затруднений. Данный пример показывает, что восстановленная ткань теряет в процессе фильтрации свои поверхностно-активные вещества.

Кинетика образования кристаллического осадка на фильтротканях, обработанных и необработанных поверхностно-активными веществами, показана на рис. 62. На восстановленной капроновой фильтроткани (без поверхностно-активных веществ) осадок образуется на 7-е сутки работы, на исходной (новой) фильтроткани — на 13-е сутки работы ткани. С увеличением срока эксплуатации наблюдается как на исходной, так и на восстановленной фильтроткани равномерное, сначала постепенное, а затем интенсивное нарастание

кристаллического осадка карбоната кальция на поверхности фильтротканей.

Следовательно, только за счет применения поверхностно-активных веществ можно снизить процесс засорения фильтроткани кристаллическим осадком. Поэтому прежде чем устанавливать восстановленную ткань на фильтр, ее необходимо для гидрофобизации обработать поверхностно-активными веществами.

Обобщая химические способы предотвращения образования кристаллического осадка на поверхности фильтроткани, можно отметить, что эти способы позволяют добиться лишь некоторого снижения образования отложений на поверхности фильтроткани и интенсифицировать процесс фильтрации. Наряду с этим они требуют дополнительное дозирующее устройство и большой расход дефицитных реагентов. Следовательно, данные способы не решают полностью проблему предотвращения образования кристаллического осадка на поверхности фильтроткани.

Поэтому ориентировать промышленные предприятия на снижение степени кристаллизации кристаллических отложений на поверхности фильтротканей только химическими способами нельзя. Необходимо продолжить изыскание новых, наиболее радикальных способов. Этой проблеме мы уделили большое внимание, подробно исследовав возможные физические способы предотвращения отложений на поверхности фильтротканей.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ФИЛЬТРОТКАНЕЙ

Физические способы предотвращения отложений на поверхности фильтротканей основаны на изменении свойств фильтруемой пульпы при обработке ее магнитом, электромагнитом, электростатическим полем, ультразвуком. При фильтрации рудных пульп применение ультразвука или электростатических полей в целях предотвращения отложений на поверхности фильтротканей малоэффективно [35], к тому же требуется дорогостоящее оборудование и квалифицированный обслуживающий персонал.

По нашему мнению, для снижения степени засорения фильтротканей наиболее перспективными являются магнитный и электромагнитный способы. Для проведения исследований по определению оптимальных условий магнитной обработки жидкой фазы пульпы в работе принят электромагнитный способ, позволяющий изменять в зависимости от силы тока на обмотках катушек напряженность магнитного поля.

Магнитный способ обработки воды получил в настоящее время широкое распространение при эксплуатации котлов на судах [5], в сахарной промышленности [18], в теплоэнергетике [3]. В последние годы магнитную обработку воды широко применяют как в СССР [17], так и за рубежом [3] для предотвращения образования крп-

сталлических отложений в котлах системы оборотного водоснабжения, а также всей вспомогательной теплоносящей аппаратуры. Магнитная обработка особенно эффективно предотвращает образование накипи в виде карбоната кальция. Если раньше для предотвращения образования карбоната кальция на внутренней поверхности барабана котла средней мощности и всей вспомогательной аппаратуры применяли дорогостоящие и сложные химические способы очистки воды с использованием различных ионообменных смол, то при применении обработки исходной воды магнитным полем отпадает необходимость проведения предварительной химической очистки воды.

Магнитная обработка воды позволяет в ряде отраслей промышленности снизить степень отложения карбоната кальция на металлической поверхности. Однако применение магнитного способа обработки пульпы для снижения засорения фильтротканей карбонатом кальция и интенсификации процесса фильтрации никем не изучалось и в литературе не освещено.

Поэтому считаем своевременным поставить вопрос о выяснении целесообразности применения магнитной обработки пульпы для снижения отложения кристаллического карбоната кальция на поверхности фильтроткани.

Сущность магнитного способа предотвращения образования кристаллических отложений на поверхности фильтроткани состоит в том, что жидкая фаза пульпы или исходная вода перед поступлением на процесс фильтрации пропускается через специальную электромагнитную установку с последовательным соединением электромагнитов, где создаются магнитные поля с чередующейся полярностью. На магнитную обработку также можно направить рудную пульпу, если твердая фаза ее представлена немагнитным материалом.

Прежде чем изучить влияние магнитного поля на процесс отложения осадка на поверхности фильтроткани, изложим научно-методические основы действия магнитного поля на жидкую фазу пульпы с учетом имеющихся гипотез о влиянии магнитного поля на воду.

Некоторые методические положения о действии магнитного поля на жидкую фазу пульпы

Чтобы выяснить влияние воздействия магнитного поля на обрабатываемую рудную пульпу, рассмотрим предварительно механизм действия магнитного поля на воду. В настоящее время, несмотря на довольно широкое распространение магнитного способа обработки воды в различных отраслях промышленности, единых взглядов по этому вопросу еще не существует. Имеющиеся в литературе сведения о природе действия магнитного поля на воду весьма противоречивы и в большинстве случаев представляют собой гипотезы, не подкрепленные экспериментальными данными. Однако

для того, чтобы представить и объяснить механизм действия магнитного поля на обрабатываемую рудную пульпу, мы не в праве не учитывать эти сведения.

Эффект действия магнитного поля на воду с целью предотвращения образования кристаллических отложений кальция на поверхности теплообменной аппаратуры начал применяться в промышленности с 1950 г. Полученные результаты широко популяризовались в литературе [17, 31]. Причем все сообщения по этому вопросу в основном сводились к описанию применяемой установки и фактически полученных показателей. Однако физическая сущность действия магнитного поля на процесс предотвращения карбоната кальция в этих работах совершенно не раскрывалась.

Впервые магнитная обработка воды с целью предотвращения образования карбоната кальция на внутренней поверхности барабанных котлов была широко разрекламирована бельгийской фирмой «Эпюро». Конструкция примененного там аппарата была разработана инж. Т. С. Вермейреном [9], затем несколько отличавшуюся конструкцию начала выпускать фирма «Пиккард» в США [17]. В отечественной литературе зарубежный опыт по применению для котлов магнитной обработки воды с указанием конструкции аппаратов был впервые описан в 1957 г. [17]. Следует отметить, что в нашей стране действие магнитного поля изучалось значительно раньше [16]. Но все работы в этой области были направлены на выяснение влияния магнитного поля на процесс кристаллизации расплавов. В последние годы изучением действия магнитного поля на обрабатываемую воду применительно к решению своих задач занимаются ряд крупнейших научно-исследовательских институтов страны: ИГД им. А. А. Скочинского (В. И. Классен [24, 25]), ГИГХС (Ф. Н. Белаш [5, 6]), МИСиС (С. И. Полькин, Г. А. Хан), Харьковский научно-исследовательский институт основной химии, Всесоюзный научно-исследовательский теплотехнический институт, Харьковский инженерно-экономический институт, Центроэнергочермет, Химслужба «Донбассэнерго», Всесоюзный трест Башэнерго, Академия коммунального хозяйства СССР и др. На основе выполненных этими организациями исследований создано несколько десятков магнитных аппаратов для работы в лабораторных и промышленных условиях. Промышленные образцы разработанных аппаратов самых разных конструкций с успехом работают в течение ряда лет на многих предприятиях.

В настоящее время накопился большой опыт по конструкциям магнитных установок как с постоянными магнитами, так и с электромагнитами. Описание этих установок и их основные электротехнические характеристики имеются в литературе [17], поэтому на этих вопросах не имеет смысла останавливаться. Для обоснования действия магнитного поля на жидкую фазу пульпы целесообразно сразу перейти к рассмотрению основных соображений отдельных авторов, полученных на этих конструкциях аппаратов, по установлению влияния магнитного поля на воду.

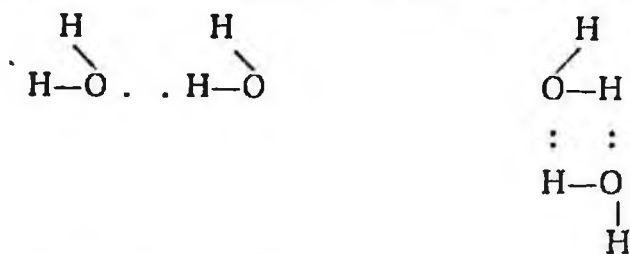
Т. Н. Вермейрен объясняет благоприятные действия предварительной обработки магнитным полем воды на предотвращение отложения карбоната кальция как результат уменьшения взаимодействия сил между ионами. Это, в свою очередь, приводит к изменению кристаллической решетки отлагающегося вещества — карбоната кальция, который выпадает в виде новой модификации кальцита с более рыхлой структурой.

Всесоюзный теплотехнический институт предлагает [32] рассматривать действие магнитного поля на обрабатываемую воду, как ряд последовательно идущих процессов, обуславливающих друг друга: пространственное перемещение ионов и молекул, изменяющее силу взаимодействия между ними и вызывающее перестройку структуры раствора. Изменение структуры влечет за собой или уменьшение интенсивности процесса кристаллизации, или изменение формы кристаллизующихся веществ.

Сотрудники Центроэнергочермета полагают, что обработка воды магнитным полем приводит к деформации электронной оболочки ионов кальция и к образованию кристаллов арагонита вместо кальцита.

Некоторые авторы [17] при изучении действия магнитного поля на воду, основываясь на явлениях ассоциации дипольных молекул воды, считают, что под действием магнитного поля происходит изменение структуры воды. Таким образом, в молекуле за счет перестройки ее структуры возникает вместо одной двойная водородная связь. Возникновение двойной связи они представляют следующим образом:

До магнитной обработки После магнитной обработки



В результате перестройки структуры молекулы изменяются физические свойства обработанной воды и соответственно снижается степень кристаллизации.

Всесоюзный трест Башэнергонефть [17] указывает, что магнитное поле создает возбуждение внешних электронных оболочек ионов солей и этим нарушает нормальное образование кристаллических решеток веществ, выделяющихся в виде твердой фазы из раствора, особенно карбоната кальция. Такое возбуждение электронных оболочек приводит к снижению процесса кристаллизации солей.

Имеются сведения, что обработка магнитным полем жидкой фазы изменяет адсорбционные свойства поверхности кристаллов, за счет которых значительно ускоряется процесс коагуляции [25].

Ряд авторов [23] рассматривают действие магнитного поля на обрабатываемую воду как ослабление сил электростатического взаимодействия между присутствующими ионами в обрабатываемой воде и этим объясняют изменение структуры выделяющихся солей.

Таким образом, несмотря на большую противоречивость высказанных мнений, почти все авторы объясняют действие магнитного поля на снижение кристаллических отложений на теплообменной аппаратуре как процесс, связанный с нарушением сил взаимодействия между ионами и молекулами. Такое нарушение сил взаимодействия приводит к резкому изменению структуры раствора и вызывает изменение формы и скорости кристаллизующихся веществ. Однако все рассмотренные взгляды о действии магнитного поля на воду основываются лишь на логических рассуждениях без достаточно глубоких теоретических обоснований. Поэтому принять за основу какую-либо из приведенных точек зрения для объяснения влияния магнитного поля на обрабатываемую рудную пульпу при изучении степени засорения фильтроткани невозможно.

В связи с этим нами была поставлена задача экспериментально изучить действие магнитного поля на воду, а также насыщенные карбонатами растворы и на основании полученных данных дать некоторые теоретические предпосылки для объяснения влияния магнитного поля на процесс кристаллизации осадка на поверхности фильтроткани.

Лабораторная установка для создания магнитного поля различной напряженности состояла из десяти магнитных катушек, соединенных между собой последовательно. Схема этой установки показана на рис. 63. Направление магнитных силовых линий на всех катушках одинаково. Внутри катушек вставлялась стальная труба, через которую пропускалась вода и насыщенный карбонатом раствор. Необходимая напряженность поля регулировалась с помощью селенового выпрямителя марки ВСА-5.

При исследовании эффекта действия магнитного поля на воду приняты следующие критерии: вязкость, поверхностное натяжение и рН среды.

На основании экспериментальных работ выяснено, что при увеличении напряженности магнитного поля возрастает вязкость воды (рис. 64), причем рост вязкости отмечается на очень незначительную величину — до 2,5%. При увеличении напряженности магнитного поля свыше 800 э вязкость воды почти не изменяется.

Обработка воды магнитным полем меняет также поверхностное натяжение (рис. 65), которое повышается в прямой пропорциональности с ростом напряженности магнитного поля. Если поверхностное натяжение воды без обработки ее магнитным полем составляет $72,25 \text{ дин/см}^2$, то при обработке магнитным полем, например с напряженностью 900 э, оно достигает $72,8 \text{ дин/см}^2$.

При обработке воды магнитным полем несколько увеличивается рН. При увеличении напряженности магнитного поля до 900 э рН среды возрастает на 0,1.

Таким образом, эксперименты показали, что при обработке воды магнитным полем изменяется ряд ее физико-химических свойств, которые увеличиваются с ростом напряженности магнитного поля и сохраняются в течение длительного времени (24 ч, а иногда и более).

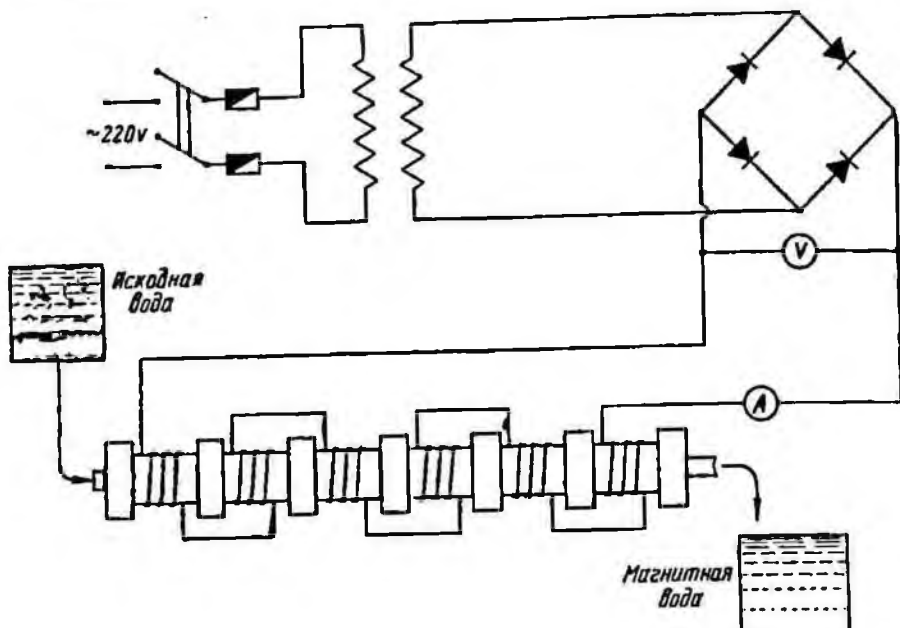


Рис. 63. Схема прибора для обработки воды электромагнитным полем

Согласно проведенным экспериментам и изучению теории о структуре водных растворов и гидратации ионов [63] можно отметить, что магнитное поле не только вызывает в растворе изменение вязкости, поверхностного натяжения, рН среды, которые отражают общее состояние раствора, но магнитное поле также приводит к сложному изменению внутренней структуры воды. При магнитной обработке водный раствор приобретает новые свойства, которые можно объяснить на основе представлений о структуре молекул и ионов и их возможного взаимодействия между собой.

Известно, что внутреннее строение молекулы воды является несимметричным. Атомы водорода по отношению к атому кислорода располагаются под углом примерно 105° . Поскольку атом водорода по сравнению с атомом кислорода имеет значительно меньший размер, то это дает возможность проникать атомам водорода в сферу действия оболочек атомов кислорода. Наличие асимметричного расположения атомов водорода по отношению к атому кислорода, а также возможность проникновения атомов водорода в сферу действия атомов кислорода создает неравномерность распределения электрических зарядов в различных точках молекулы воды. В результате неравномерного распределения элек-

трических зарядов молекула воды представляет собой диполь, имеющую как положительный, так и отрицательный центры тяжести зарядов. Такое распределение зарядов подобно магниту создает силовое поле молекулы с двумя зарядами: положительным и отрицательным. Поэтому молекулы воды обычно являются полярными.

Поскольку полярная молекула воды имеет положительный и отрицательный полюсы, следовательно, каждый полюс одной

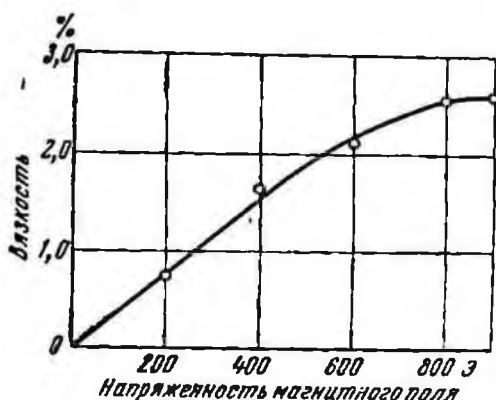


Рис. 64. Зависимость изменения вязкости воды от напряженности магнитного поля

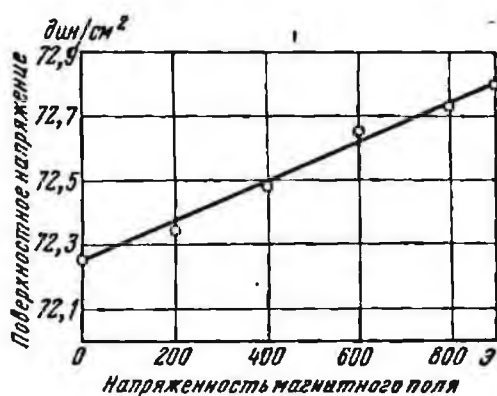


Рис. 65. Зависимость изменения поверхностного натяжения воды от напряженности магнитного поля

молекулы может притягивать противоположно заряженный полюс другой молекулы. В результате притяжения полярные молекулы образуют отдельные скопления агрегатов молекул. Наличие этих агрегатов, подобно кристаллическому веществу, создает некоторую закономерность ближнего порядка в расположении молекул и связанное с этим образование так называемой «квазикристаллической» структуры воды. Следует отметить, что такая «квазикристаллическая» структура молекул воды малоустойчива и во многом зависит от воздействия большого числа внешних физических и химических факторов, таких, как температура, давление, наличие различного типа заряженных ионов, которые изменяют порядок расположения молекул и приводят к нарушению структуры воды.

В дистиллированной воде процесс взаимодействия атомов водорода с атомами кислорода соседней молекулы происходит за счет так называемой водородной связи. Энергия образования водородной связи небольшая и составляет около 3—5 ккал/моль, в связи с этим данный процесс происходит легко, и молекулы при своем хаотическом движении приобретают наибольшее количество водородных связей. В процессе образования водородных связей появляются плотные и рыхлые скопления молекул. При менее плотном скоплении молекул сорбция газовой фазы увеличивается.

Приведенное представление о структуре молекул воды показывает их определенную ориентацию и взаимодействие между собой до обработки магнитным полем. Теперь изложим, как будет изменяться структура и взаимодействие рассмотренных молекул после обработки воды магнитным полем.

В обработанной воде магнитное поле разрушает дипольные молекулы-агрегаты на отдельные молекулы, которые благодаря

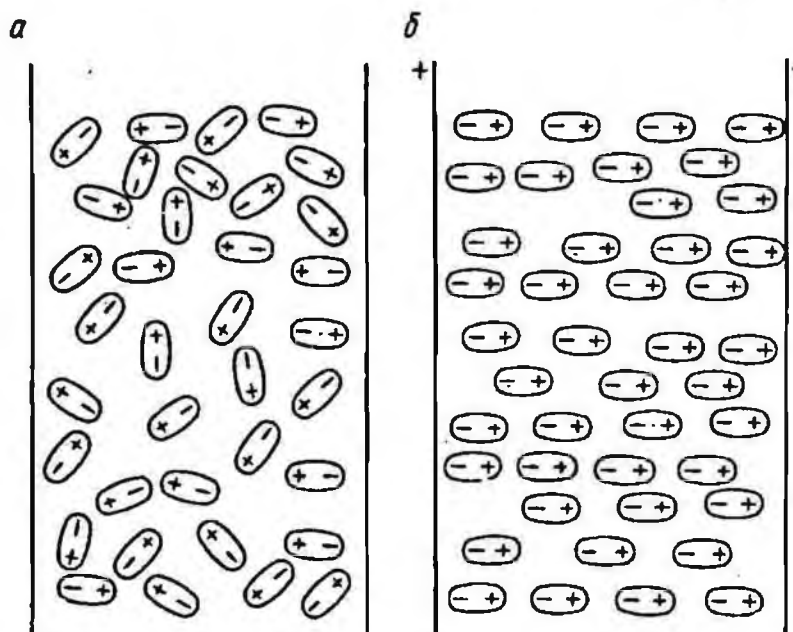


Рис. 66. Действие магнитного поля на ориентацию полярных молекул:

а — до обработки; б — после обработки

наличию дипольного момента внешнего магнитного поля приобретают определенные направления. Все положительные полюса молекул обращаются в сторону отрицательного полюса внешнего магнитного поля, создаваемого намагничиванием воды, и, наоборот, отрицательные полюса молекул — в сторону положительного полюса внешнего магнитного поля (рис. 66).

Степень перестройки дипольных молекул зависит от напряженности магнитного поля, так как с ростом напряженности магнитного поля, как было показано, возрастает вязкость и поверхностное натяжение, что указывает на уплотнение структуры молекул воды. В результате действия магнитного поля соответственно образуются новые водородные связи между молекулами, но с более равномерной и ориентированной структурой. Магнитное поле также изменяет магнитные релаксационные характеристики ядер водорода и кислорода и связанную с этим поляризацию электронных облаков в молекулах воды, что приводит к изменению энергии

гидратации, которая указывает на образование новой структуры и свойств воды.

Влияние магнитной обработки на изменение «поперечной» спиновой релаксации, характеризующей время, в течение которого происходит изменение фаз прецессии отдельных ядер молекул воды, в последнее время установлено экспериментально [1]. При этом исследования ядерного резонанса протонов в молекулах воды показали, что магнитное поле вызывает изменение линий резонанса



Рис. 67. Влияние магнитного поля на кристаллизацию карбонатов из раствора после обработки магнитным полем



Рис. 68. Влияние магнитного поля на кристаллизацию карбонатов из раствора без обработки магнитным полем

в зависимости от напряженности магнитного поля. Такое явление связано с нарушением обычной структуры воды. Таким образом, на основании приведенных данных видно, что под действием магнитного поля образуются новые структуры и свойства воды.

Магнитная обработка влияет не только на внутреннюю структуру воды, но и на структуру растворов и, особенно, на последующую кристаллизацию присутствующих в растворе ионов. Это наблюдалось при проведении опытов с раствором, насыщенным ионами Ca^{++} , HCO_3^- , CO_3^{--} , OH^- . Когда данный раствор обрабатывали магнитным полем, структура выпавшего кристаллического осадка была представлена в виде арагонита, имеющего форму тонких игл, которые обладали небольшой спаянностью и при вдавливании легко разрушались (рис. 67), в то время как из того же раствора, но без магнитной обработки, выкристаллизовывались кристаллы кальцита тригональной сингонии (рис. 68) с достаточно прочной структурой решетки. Эти опыты показали, что при магнитной обработке образующееся из насыщенного раствора карбонатом кальция новое вещество — арагонит — менее прочно и

потому оно легко может отделяться с той или иной поверхности соприкосновения и в меньшей степени отлагаться на ней.

На основе проведенных исследований можно заключить, что магнитное поле изменяет физико-химические свойства обрабатываемого раствора и этим вызывает новые явления кристаллизации. В этой связи изучение действия магнитного поля на снижение степени засорения фильтроткани кристаллами кальцита при фильтрации рудных пульп представляет большой интерес.

Влияние магнитной обработки жидкой фазы пульпы на процессе засорения фильтроткани

Поскольку магнитное поле изменяет физико-химические свойства растворов и в значительной степени влияет на процесс кристаллизации карбонатов, то целесообразно выявить эффективность действия магнитного поля непосредственно на снижение образования кристаллического осадка на поверхности фильтротканей при фильтрации рудных пульп. Исследование этого вопроса наиболее важно с практической точки зрения, так как процесс отложения карбоната кальция в виде кальцита как на поверхности фильтроткани, так и в системе пульпопроводов является главным фактором, снижающим технологические показатели фильтрации и срок службы оборудования.



Рис. 69. Коллектор фильтра, зацементированный карбонатом кальция

На рис. 69 показана часть засоренного фильтратом коллектора трубопровода, проработавшего в производственных условиях на фабрике в течение 30 суток. На этой фабрике при отложении на внутренней поверхности коллектора тонкодисперсной твердой фазы пульпы, сцементированной кальцитом, «живое» сечение его нередко уменьшается до 50% и более, в результате чего забивается пульпопровод и необходимо останавливать фильтр. Этот пример показывает, что необходимо изыскивать пути предотвращения образования кристаллических отложений не только на фильтротканях, но и пульпопроводах. Считаем, что магнитная обработка рудной пульпы в этом отношении может значительно снизить карбонизацию кальцита как на поверхности фильтроткани, так и в пульпопроводах. Однако в данной работе ограничимся рассмотрением действия магнитного поля лишь на процесс кристаллизации кальцита на поверхности фильтротканей.

Оценка действия магнитного поля на процесс кристаллизации карбонатов из жидкой фазы рудной пульпы на поверхности фильтротканей выполнена на основе лабораторных опытов. Основными показателями при оценке степени засорения фильтротканей служили вес отложившегося осадка на ткани и ее воздухопроницаемость. Исследование приведенных факторов проводилось на растворах и пульпах.

Для более быстрой карбонизации образцов фильтроткани кристаллами кальцита готовился раствор, насыщенный ионами Ca^{++} , HCO_3^- , CO_3^{--} ; затем этот раствор делился на равные объемы, которые обрабатывались в магнитном поле на специальной магнитной установке (рис. 63) при напряженности 200, 400, 600, 800 и 900 э.

Рудная пульпа приготавливалась на насыщенных растворах, в которые добавлялась руда с крупностью измельчения 95% — 0,074 мм до отношения $\text{Ж} : \text{Т} = 3 : 1$. Насыщенный раствор перед распульповкой также обрабатывался магнитным полем с различной напряженностью. В качестве фильтровальных тканей при проведении опытов использовались фильтродиагональ арт. 2074 и капрон арт. 1528. Карбонизация, т. е. засорение образцов фильтротканей раствором и пульпой, осуществлялась на стандартной фильтровальной установке по методике, описанной проф. С. И. Митрофановым [36]. Диаметр фильтровальной воронки принят 9,8 см, вакуум 400 мм рт. ст. Для уплотнения фильтроткань прижималась ко дну воронки с помощью стальной пружины.

На приготовленных таким образом образцах фильтротканей с отложением карбонатов на их поверхности исследовалась воздухопроницаемость ткани и вес образовавшегося осадка на ней. Результаты этих опытов показаны на рис. 70, 71, 73. Как видно из рис. 70 и 71, при фильтрации растворов, обработанных магнитным полем, степень засорения фильтротканей карбонатами зависит от напряженности магнитного поля и типа ткани.

Так, на фильтродиагонали с увеличением напряженности от нуля до 600 э воздухопроницаемость ткани повысилась соответственно с 11 до 31 л/м²·сек. Дальнейшее увеличение напряженности магнитного поля не вызывает изменения воздухопроницаемости, хотя воздухопроницаемость незасоренной (новой) фильтродиагонали составляет 38,5 л/м²·сек (см. пунктирную линию на рис. 70). Незначительная разница в показателях воздухопроницаемости новой фильтродиагонали и фильтродиагонали с отложениями карбоната после обработки раствора магнитным полем с напряженностью свыше 600 э показывает, что на ткани все же образуется незначительное количество карбонатов в виде арагонита, что согласуется с высказанными нами выше положениями о действии магнитного поля на перекристаллизацию кальцита.

Обработка раствора магнитным полем также позволяет снизить вес отложившегося осадка на фильтродиагонали. Если при фильтрации раствора, необработанного магнитным полем, на

фильтродиагонали откладывалось 46 мг/см^2 , то при фильтрации раствора, обработанного магнитным полем, например с напряженностью 600 э, вес отложившегося осадка падает до 13 мг/см^2 .

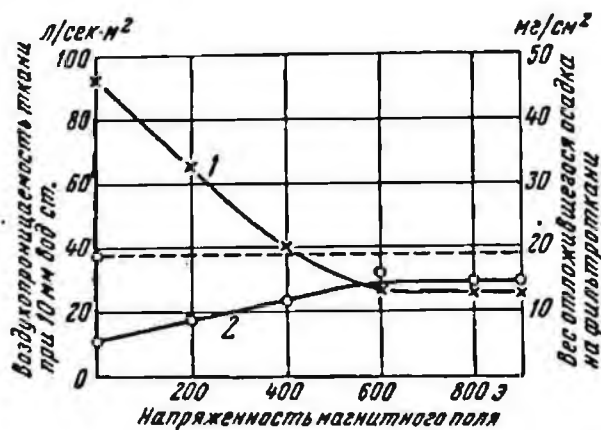


Рис. 70. Зависимость изменения воздухопроницаемости фильтродиагонали и веса осадка на ее поверхности при фильтрации насыщенных карбонатами растворов, обработанных в магнитном поле с различной напряженностью: 1 — вес осадка; 2 — воздухопроницаемость

Увеличение напряженности магнитного поля свыше 600 э уже не влияет на процесс кристаллизации карбонатов и вес осадка на образцах ткани остается примерно одинаковым.

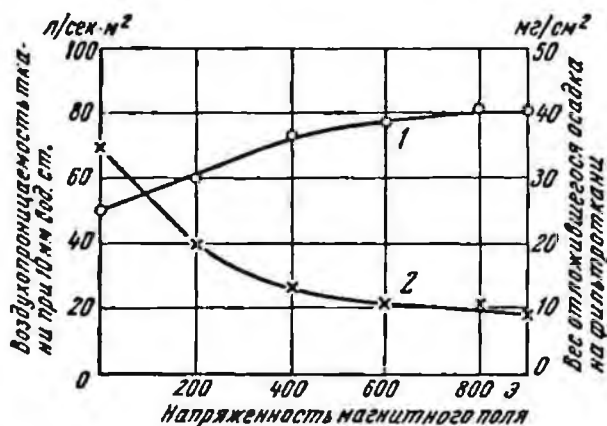


Рис. 71. Зависимость изменения воздухопроницаемости капроновой ткани арт. 1528 (1) и веса осадка (2) на ее поверхности при фильтрации насыщенных карбонатами растворов, обработанных в магнитном поле с различной напряженностью

В дополнение к изложенному в качестве наглядной иллюстрации на рис. 72 показан один из серии выполненных опытов, где отчетливо видно, как эффективно действует магнитное поле на снижение отложений на поверхности фильтродиагонали при фильтрации растворов, насыщенных карбонатными ионами Ca^{++} , HCO_3^- , CO_3^{--} . Этот рисунок воспроизводит появившиеся отложения на поверхности фильтродиагонали при фильтрации растворов, обработанных магнитным полем напряженностью 800 э (см. рис. 72, а), по сравнению с отложениями на фильтродиагонали при фильтрации растворов, не обработанных магнитным полем (рис. 72, б). При обработке раствора магнитным полем количество осадков на ткани снижается почти в три раза.

Наряду с исследованиями действия магнитного поля на воздухопроницаемость и вес осадка на фильтродиагонали были поставлены аналогичные опыты на капроновой фильтроткани арт. 1528. При фильтрации растворов, обработанных магнитным полем, вес

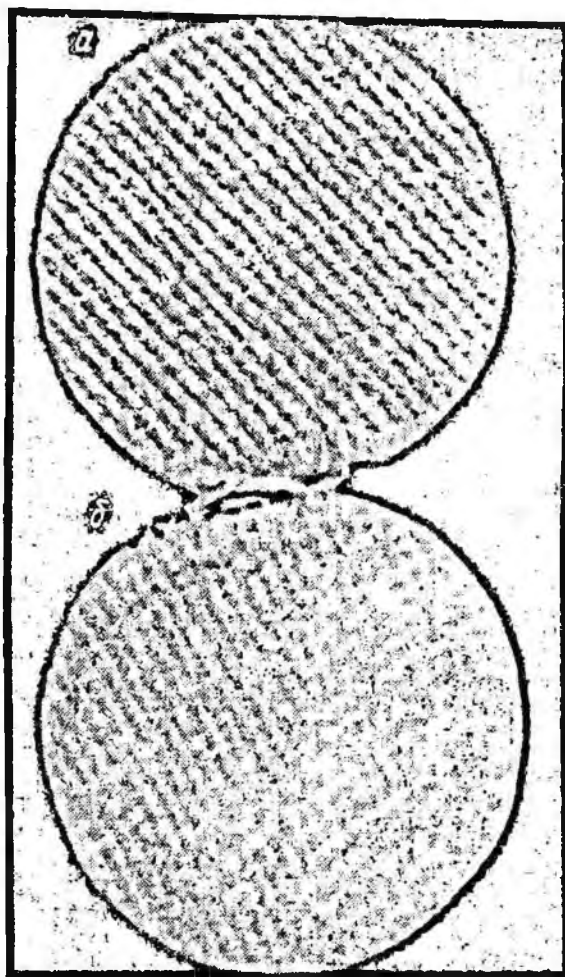


Рис. 72. Засоренная фильтродиагональ в процессе фильтрации карбонатного раствора: обработанного (а) и необработанного (б) магнитным полем

осадка на капроне заметно снижается, а воздухопроницаемость — возрастает; эти показатели зависят от напряженности магнитного поля (см. рис. 71) так же, как это было установлено в предыдущих опытах на фильтродиагонали. Следует отметить, что при обработке раствора магнитным полем на капроновой фильтроткани откладывается осадок примерно на 30% меньше, чем на фильтродиагонали. Этим еще раз подтверждается, что капроновые

фильтроткани в меньшей степени подвергаются засорению, чем хлопчатобумажные.

Магнитное поле эффективно снижает отложения на фильтроткани не только при фильтрации растворов, насыщенных карбонатными ионами, но и при фильтрации рудной пульпы. Опыты показали, что процесс карбонизации фильтроткани в этом случае уменьшается также с увеличением напряженности магнитного поля до 600 э (см. кривые воздухопроницаемости и веса осадка

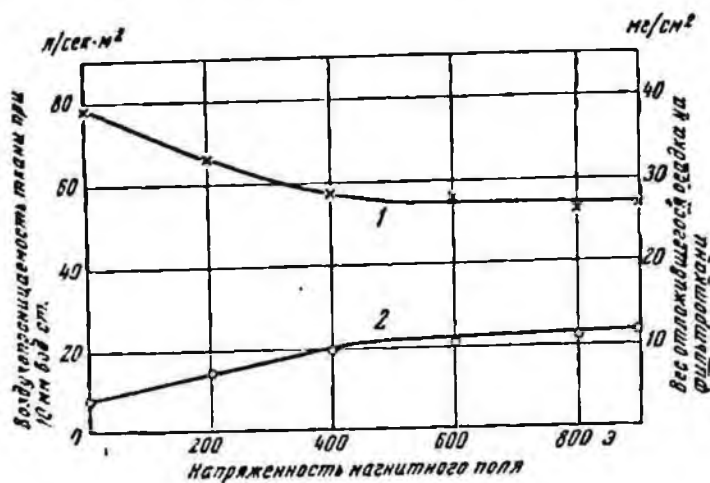


Рис. 73. Зависимость изменения воздухопроницаемости и веса осадка на фильтродиагонали при фильтрации кварцево-глинистой пульпы, жидкая фаза которой обработана магнитным полем с различной напряженностью:

1 — вес осадка; 2 — воздухопроницаемость

на рис. 73). Однако при фильтрации рудной пульпы, жидкая фаза которой обработана магнитным полем, количество осадков на ткани несколько больше, чем на ткани при фильтрации насыщенных карбонатными ионами растворов, также обработанных в магнитном поле. Это указывает, что при фильтрации рудной пульпы фильтроткань засоряется наряду с карбонатами частицами твердой фазы пульпы.

Во всех опытах при обработке фильтруемых растворов магнитным полем напряженностью свыше 600 э воздухопроницаемость ткани и вес осадка на ее поверхности почти не изменялись. Это объясняется тем, что при такой напряженности магнитного поля карбонаты в основном перекристаллизуются и переходят в арагонит, который по существу уже мало оказывает влияния на засорение ткани.

Исследованием степени засорения фильтротканей при фильтрации рудной пульпы, жидкая фаза которой предварительно обработана магнитным полем, было установлено, что при отстаивании этой пульпы частицы твердой фазы осаждаются более

интенсивно. При этом скорость осаждения частиц возрастает в два раза (рис. 74) с повышением напряженности магнитного поля до 600 э. Такое увеличение скорости осаждения частиц твердой фазы пульпы объясняется явлением коагуляции пульпы под действием магнитного поля. Появление коагуляции рудной пульпы еще раз подтверждает об изменении ее физико-химических свойств в результате воздействия магнитного поля.

Таким образом, проведенное выше исследование позволяет установить, что обработка жидкой фазы пульпы магнитным полем изменяет ее физико-химическое состояние и приводит к новому явлению процесса кристаллизации карбонатов на поверхности фильтроткани. Образующиеся в результате предварительной обработки магнитным полем фильтруемых растворов кристаллы карбонатов в виде арагонита имеют меньшую способность прочно цементировать на поверхности фильтроткани, так как эти кристаллы, как указывает акад. А. Г. Бетехтин [2], обладают большой растворимостью в водных растворах и не способны слипаться, поскольку спайность их практически отсутствует.

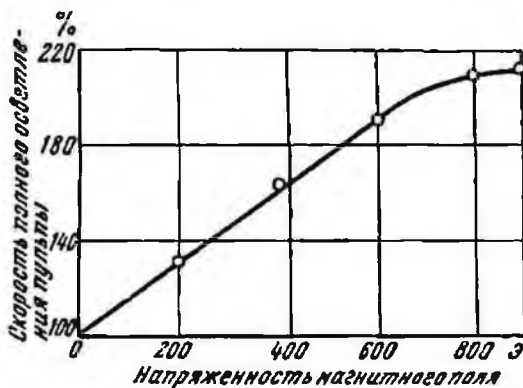


Рис. 74. Влияние напряженности магнитного поля на скорость осаждения кварцево-глинистой пульпы

Высказанные теоретические предпосылки, а также результаты лабораторных исследований дали основание предложить новый способ предотвращения отложений на фильтроткани путем обработки фильтруемого раствора в магнитном поле. В качестве примера на рис. 75, а приведена принципиальная схема технологии фильтрации с магнитной установкой, разработанная нами для условий Тасеевской обогатительной фабрики, где при фильтрации хвостов флотации фильтроткань в основном засоряется кристаллическим кальцитом, выделяющимся из жидкой фазы пульпы.

В общей цепи технологической схемы фильтрации (см рис. 75, а) магнитный аппарат 1 устанавливается вертикально на распределительном коллекторе пульпопровода 2 непосредственно после пескового насоса 3, перекачивающего пульпу в ванны 4 фильтров, а также на распределительном коллекторе водопровода 5, подающего воду или оборотный раствор на промывку чека на фильтрах.

Конструктивно магнитная установка (рис. 75, б) выполняется из стального стержня с выточенными углублениями для укладки обмотки электрических катушек. Катушки обматываются проводом ПЭЛ-1 диаметром 0,37 мм. Для создания нормального магнитного потока достаточно иметь восемь катушек по 1800 витков

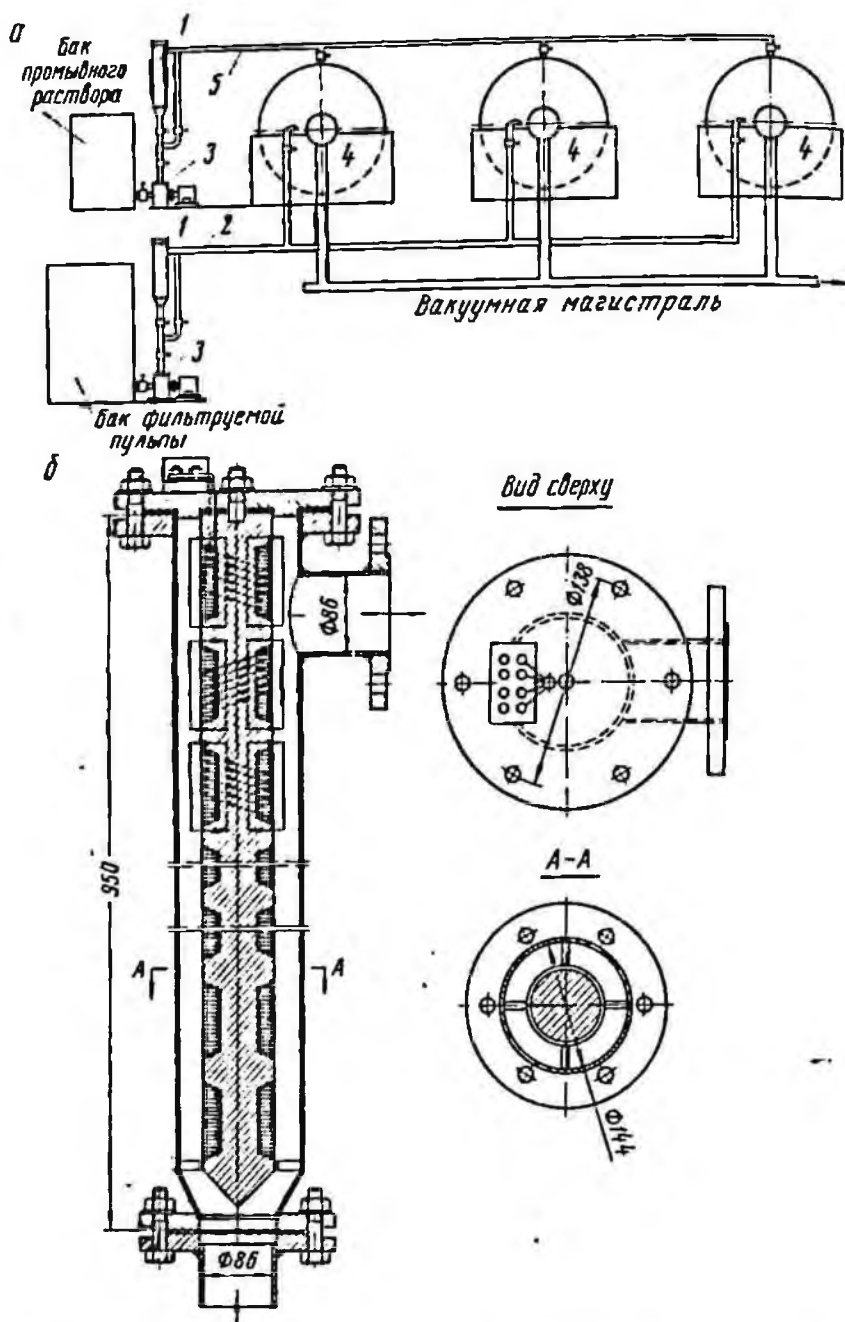


Рис. 75. Технологическая схема фильтрации рудной пульпы в магнитном поле (а) и конструкция магнитного аппарата (б)

в каждой, которые соединяются между собой так, чтобы обеспечить чередование полярности полюсов. Собранный таким образом магнитная установка помещается в герметичный корпус из алюминия, заполненный трансформаторным маслом. Электропровода с источником постоянного тока. Герметичный корпус с заключенными в нем электромагнитными катушками вставляется внутрь пульпопровода и укрепляется в направлении его оси с помощью зажимных винтов.

Предложенная установка очень проста, не требует дополнительного обслуживающего персонала и может быть изготовлена на любом предприятии — обогатительной фабрике или гидрометаллургическом заводе. С помощью этой установки можно повысить производительность фильтров и технологические показатели фильтрации за счет снижения кристаллических отложений кальцита как на синтетических, так и хлопчатобумажных фильтротканях.

Считаем, что магнитный способ предотвращения образования кристаллического кальцита на поверхности фильтротканей должен найти широкое применение в практике фильтрации рудных пульп, у которых твердая фаза представлена немагнитным материалом. При внедрении магнитного способа предотвращения образования отложений на поверхности фильтротканей особое внимание необходимо уделять конструкции магнитного аппарата, который целесообразно изготовлять с учетом конкретных условий фильтрации, особенно объема и свойств обрабатываемых пульп.

Выводы

1. В результате изыскания наиболее эффективных способов предотвращения отложений на поверхности фильтротканей были исследованы химические способы, основанные на изменении химического состава фильтруемой пульпы и поверхностных свойств фильтротканей, а также физические способы, действие которых основано на перестройке внутренней структуры обрабатываемых продуктов.

2. При исследовании химических способов предотвращения отложений на поверхности фильтротканей установлено, что при добавлении в фильтруемую пульпу реагентов в виде извести, соды, тринатрийфосфата, гексаметафосфата замедляется процесс кристаллизации карбоната и снижается в пульпе общее количество засоряющих веществ. Промышленными опытами установлено, что поверхностные свойства фильтроткани, приобретенные в процессе ее изготовления и аппретирования, замедляют кинетику засорения ткани. На восстановленной капроновой фильтроткани (без поверхностно-активных веществ) осадок образуется на 7 сутки работы; на исходной, т. е. новой, фильтроткани — на 13 сутки. Это объяс-

после того, что она эксплуатация фильтруемая эти вещества
 с помощью воды, которая и так же приобретает способность
 фильтруемая, поэтому необходимо после установки фильтра
 вода должна быть чистой, установка на фильтр должна обработать
 поверхность, которая находится в растворе.

Для того, чтобы предотвратить образование на поверхности
 фильтра, который находится в растворе, вода должна быть чистой
 и не содержать никаких веществ, которые могут действовать на
 поверхность фильтра.

Для предотвращения образования на поверхности фильтра
 необходимо использовать материал, который не содержит никаких
 веществ, которые могут действовать на поверхность фильтра. Вода
 должна быть чистой, установка на фильтр должна обработать
 поверхность, которая находится в растворе. Установка на фильтр
 должна быть чистой, установка на фильтр должна обработать
 поверхность, которая находится в растворе. Установка на фильтр
 должна быть чистой, установка на фильтр должна обработать
 поверхность, которая находится в растворе.

Для того, чтобы предотвратить образование на поверхности
 фильтра, который находится в растворе, вода должна быть чистой
 и не содержать никаких веществ, которые могут действовать на
 поверхность фильтра. Установка на фильтр должна обработать
 поверхность, которая находится в растворе. Установка на фильтр
 должна быть чистой, установка на фильтр должна обработать
 поверхность, которая находится в растворе.

Известно, что обработка воды магнитным полем изменяет
 ее структуру. В результате обработки воды магнитным полем
 происходит разрушение водородных связей и дипольных молекул-агрегатов
 в связи с их определенной ориентацией по отношению к внешнему
 магнитному полю. Приобретенная ориентация молекул приводит
 к новым водородным связям молекул с более плотной и равномерной
 структурой, что, в свою очередь, изменяет вязкость, поверх-
 ностное натяжение и pH среды. Вязкость возрастает на незначи-
 тельную величину — до 2,5%. Поверхностное натяжение воды
 после обработки ее магнитным полем составляет 72,25 дин/см²,
 при обработке магнитным полем, например с напряженностью
 300 э, оно достигает 72,8 дин/см², при этом pH воды повыша-
 ется на 0,1.

Выявленная перестройка внутренней структуры молекул
 воды под действием магнитного поля позволяет объяснить появ-
 ление и насыщенных растворов или фильтруемых пульп новых
 форм кристаллизации отлагающихся веществ. Так, при исследо-
 вании насыщенных растворов карбонатными ионами установлено,
 что после обработки растворов магнитным полем вместо обычно
 выпадающих кристаллов кальцита образуется новая форма кар-
 бонатов в виде арагонита, который имеет очень малую спайность
 и довольно большую растворимость.

При магнитной обработке рудной пульпы увеличивается ско-
 рость осаждения частиц твердой фазы в 2—2,5 раза за счет их

коагуляции, что также указывает на изменение под действием магнитного поля структуры и физико-химических свойств пульпы.

5. Исследованиями установлено, что степень предотвращения отложений на поверхности фильтротканей зависит от напряженности магнитного поля. При фильтрации рудной пульпы, обработанной магнитным полем, повышается воздухопроницаемость ткани и снижается вес отложившихся осадков на ее поверхности. Так, с увеличением напряженности магнитного поля от 0 до 600 э воздухопроницаемость ткани на капроне повысилась соответственно с 51 до 78 л/м²·сек, на фильтродиагонали — с 11 до 31 л/м²·сек; вес отложившегося осадка, например при напряженности магнитного поля 600 э составил на капроне 11 мг/см² вместо 34 мг/см², на фильтродиагонали — 13 мг/см² вместо 47 мг/см². При увеличении напряженности магнитного поля свыше 600 э вес осадка и воздухопроницаемость ткани почти не изменяются, так как в этом случае кальцит уже полностью перекристаллизовывается в арагонит и не оказывает влияния на последующее снижение засорения фильтроткани.

6. Выполненное исследование позволило выявить высокую эффективность действия магнитного поля на процесс кристаллизации карбонатов и предложить принципиальную схему технологии фильтрации с магнитной установкой с целью предотвращения отложений на поверхности фильтротканей.

7. В настоящее время способ обработки рудной пульпы магнитным полем при фильтрации внедрен на Центральном и Ингулецком [65] горнообогатительных комбинатах в Криворожском бассейне. Также получены положительные результаты от воздействия магнитного поля на угольную пульпу перед фильтрацией на Жилевской обогатительной фабрике.

**ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
И РЕГУЛИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
РАБОТЫ БАРАБАННЫХ
ВАКУУМ-ФИЛЬТРОВ
НА СИНТЕТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОТКАНЯХ**

**1. ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОСНОВНЫЕ
ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ БАРАБАННЫХ
ВАКУУМ-ФИЛЬТРОВ**

В предыдущих главах рассмотрены основные закономерности фильтрации рудных пульп на синтетических фильтротканях, где показана высокая эффективность их применения при фильтрации. Однако остался не освещенным один из важных вопросов фильтрации — режим эксплуатации вакуум-фильтров, экипированных синтетическими фильтротканями, и другого фильтрационного оборудования. На практике чаще всего оборудование эксплуатируется не в оптимальном режиме. В результате этого фильтрационное оборудование быстро выходит из строя, снижается производительность фильтров и возрастает влажность снимаемого осадка. В связи с ненормальной эксплуатацией фильтров сокращается срок службы фильтроткани, увеличивается ее засоряемость и соответственно возрастает расход ткани.

Между тем на практике этому важному вопросу не уделяется должного внимания, а полученный опыт эксплуатации фильтров на ряде предприятий в литературе мало освещен. Поэтому целесообразно детально изучить в промышленных условиях работу барабанных вакуум-фильтров при различных технологических параметрах фильтрации для установления оптимального режима эксплуатации фильтрационного оборудования. Для этого в качестве объекта исследования принят нами горно-химический комбинат Каратау, где на процесс фильтрации поступает значительный объем трудно фильтруемого продукта и цех фильтрации оснащен большим количеством крупногабаритного оборудования.

При работе обогатительной фабрики горно-химического комбината Каратау встречались большие трудности не только в ос-

воинии основных технологических процессов обогащения, но и при регулировании процесса фильтрации. Установленные фильтры в первый период эксплуатации фабрики дали крайне низкие технологические показатели фильтрации, а механическая работоспособность всех движущихся узлов фильтра была очень мала. Это было связано с тем, что основные технологические параметры измельчения и флотации в первое время эксплуатации фабрики были неотработанными, а получаемый при этом сгущенный концентрат не соответствовал требуемым данным как по химическому и гранулометрическому составу, так и по плотности. Плотность сгущенного материала в связи с плохой работой сгустителей была недостаточной. Сгущенный материал содержал большое количество крупных частиц. Естественно, поступая в ванну барабанного фильтра, сгущенный концентрат с большим содержанием крупных частиц быстро осаждался. При этом усилие на мешалку в процессе перемешивания сильно возрастало и мешалки, как правило, очень часто выходили из строя. Иногда, в течение даже одной смены, из-за поломок мешалок останавливалось 50—70% работающих фильтров. Это крайне усложняло эксплуатацию барабанных вакуум-фильтров и резко нарушало нормальный ритм работы предприятия.

За время трехмесячной эксплуатации барабанных вакуум-фильтров при фильтрации фосфоритного концентрата с грубым помоллом были полностью выведены из строя установленные на фильтрах заводские мешалки. Попытка производственников установить нормальный эксплуатационный режим путем усиления конструктивных элементов также не привела к желаемым результатам.

По мере накопления опыта эксплуатации обогатительной фабрики технологические параметры процесса измельчения достигли проектных показателей. При этом крупность измельчения фильтруемого концентрата снизилась до требуемой нормы. С уменьшением крупности фосфоритного концентрата нагрузка на мешалку при перемешивании резко сократилась, в результате чего поломки ее прекратились. В течение трех месяцев автор наблюдал, что из 6—7 непрерывно эксплуатируемых фильтров было всего лишь две остановки по причине выхода из строя мешалки. Причем эти остановки были вызваны в основном недосмотром дежурного персонала слесарей.

Однако, несмотря на резкое сокращение остановок фильтра по механическим причинам, процесс фильтрации на барабанных вакуум-фильтрах протекал совершенно неудовлетворительно. Такое же положение при эксплуатации фильтров наблюдается на Брянском фосфоритном заводе, Солнгорском, Березниковском, Ново-Стебниковском калийных комбинатах, а также на Джезказганской, Алмалыкской обогатительных фабриках и др. Низкие технологические показатели, с нашей точки зрения, связаны с ненормальной эксплуатацией оборудования, обусловленной в основном

завышенной скоростью вращения барабана, большой скоростью и амплитудой качания мешалки, высоким расходом вакуума и малой плотностью сгущаемого концентрата.

В настоящее время установленные на комбинате Каратау фильтры БОУ-40 работают при следующих технологических режимах:

скорость вращения барабана 34,3 об/ч;

число качаний мешалки в корыте фильтра 22 в минуту;

степень заполнения ванны составляет $\frac{1}{2}$ от рекомендуемой заводом-изготовителем, т. е. уровень в ванне снижен на 60—65 см;

удельный расход вакуума составляет 1,2—2 м³/мин·м².

Эти параметры не обеспечивали нормального технологического режима работы фильтров и не давали возможности получить проектные технологические показатели процесса фильтрации.

Например, за время работы фильтров в течение 1964 г. и начала 1965 г., несмотря на все усилия производственников, производительность фильтрующих аппаратов достигла всего лишь 6 т/ч, что составляет 50% проектной производительности.

При этом большие показатели удельного расхода вакуума и давления отдувки вызывали значительные механические повреждения фильтротканей и приводили к ее частой замене, а повышенный расход вакуума создавал большие скорости в вакуум-трубопроводной системе и этим увеличивал механическое забивание фильтратом вакуум-трубопроводов, вакуум-насосов, вызывая их частую остановку.

Завышенная скорость вращения барабана фильтра и особенно большое число качаний мешалки приводило к большим колебаниям пульты в ванне фильтра и соответственно вызывало раскачивание барабана в подшипниках, в результате чего подшипники быстро выходили из строя.

На многих обогатительных фабриках при фильтрации концентратов цветной металлургии скорость вращения барабана фильтра составляет 15—20 об/ч (Зыряновская, Лениногорская и др.). При эксплуатации фильтров на Брянском фосфоритном заводе скорость вращения барабана фильтра еще меньше и составляет всего лишь 12 об/ч.

Как видим, основные параметры работы барабанных вакуум-фильтров на обогатительных фабриках изменяются в довольно широком диапазоне, при этом технологические показатели фильтрации резко колеблются.

Исходя из изложенных соображений, нами проведены исследования работы барабанных вакуум-фильтров с различными параметрами в условиях фильтрации фосфоритных концентратов на горно-химическом комбинате Каратау с целью обоснования оптимального режима эксплуатации оборудования, обеспечивающего достаточно высокие технологические показатели фильтрации.

Прежде чем останавливаться на анализе основных результатов, полученных во время экспериментальных работ, непосред-

ственно в промышленных условиях, дадим краткую характеристику фильтруемого концентрата, особенности технологической схемы фильтрации и применяемого при этом оборудования, а также проанализируем основные технологические показатели фильтрации, полученные на этом оборудовании в процессе промышленной их эксплуатации.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЛЬТРУЕМОГО КОНЦЕНТРАТА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Технологические схемы на обогатительной фабрике горно-химического комбината Каратау рассчитаны на переработку двух типов руд месторождений Чулак-Тау и Ак-Сай. Основная масса фосфоритной руды состоит из мелких фосфатных зерен, видимых лишь только под микроскопом. Фосфатные зерна сцементированы карбонатом и небольшими примесями кальцита и доломита. В руде присутствует незначительное количество окислов железа, кварца и органических веществ. Руды легко измельчаются и шламуются, что вызывает затруднения при проведении процесса флотации в связи с образованием большого количества пены. Наличие шламов резко ухудшает процесс сгущения и фильтрации.

Технологическая схема обогащения этих руд очень проста, несмотря на сложный химический состав и тонкую вкрапленность фосфатных зерен. Она предусматривает одностадийное измельчение и классификацию, предварительную карбонатную флотацию с последующей трехкратной перечисткой карбонатного продукта с целью удаления из основной массы перерабатываемой руды вредных примесей карбонатов в виде кальцита и доломита, основную фосфатную флотацию для получения отвальных хвостов с последующей перечисткой фосфатного концентрата. Полученный в результате тройной перечистки концентрат поступает на сгущение, а затем фильтруется и сушится (рис. 76).

Химический состав фильтруемого концентрата, исходной руды представлен в табл. 43.

Из приведенных данных видно, что при обогащении по данной технологической схеме, например, руд месторождения Чулак-Тау с исходным содержанием 23,6% P_2O_5 получают концентрат, содержащий 28,2% P_2O_5 . Наличие в сгущенном и фильтруемом концентратах большого количества разнообразных реагентов (фосфорная кислота, синтетические жирные кислоты, таловое масло, сода, керосин и др.) влияет на технологические показатели работы фильтрационного оборудования. При сгущении значительная часть реагентов отмывается, а оставшаяся их доля распределяется в сгущенном материале, создавая равномерный по химическому и гранулометрическому составу продукт. При этом рН

сгущенного материала, поступающего на фильтрацию, составляет примерно 5,8—6,0.

Приведенная в табл. 44 гранулометрическая характеристика сгущенного концентрата показывает достаточную стабильность процесса измельчения. Содержание более крупного класса +0,15 мм в среднем составляет 2,7—6%, а класса —0,074 мм 58—74%. Колебание технологических показателей эксплуатации фильтрационного оборудования зависит в основном от плотности питания фильтров, т. е. отношения жидкого к твердому, которое ввиду неустойчивой работы сгустителей изменялось от 54 до 63%.

Техническая характеристика принятых для наблюдения барабанных вакуум-фильтров приведена в табл. 45.

Таблица 43

Химический состав продуктов переработки на ГХК Каратау

Продукты	Основные компоненты, %			
	P ₂ O ₅	MgO	CO ₂	Нерастворимый остаток
Исходная руда	23,61	3,1	7,5	19,0
Концентрат	27,89	1,8	4,8	15,0

Таблица 44

Характеристика фильтруемого продукта

№ проб	Содержание класса, %			Влажность концентрата, %	% твердого в питании фильтров
	+0,15 мм	-0,15 мм +0,074 мм	-0,074 мм		
5	4,7	37,1	58,2	12,3	57,7
10	6,4	33,1	60,5	14,7	54,7
15	2,7	22,4	74,9	12,3	63,3
20	4,5	28,1	67,4	12,5	59,3
25	4,7	24,7	70,6	11,6	59,0

Таблица 45

Техническая характеристика барабанных фильтров

Тип фильтра	Фильтрующая поверхность, м ²	Длина барабана, мм	Диаметр барабана, мм	Вес барабана, кг	Число качаний мешалки в минуту	Скорость вращения барабана, об/ч
БОУ-40-3	40	4400	3000	7500	22	34
Букау-Вольф	20	2800	2600	5000	20	32

Расположение фильтров в цехе фильтрации осуществлено четырьмя технологическими цепочками по 5 фильтров в каждой (рис 77). Отфильтрованный концентрат с содержанием влаги 12—14% поступает на общие конвейеры, с помощью которых производят загрузку сушильных барабанов.

Первоначально фильтры загружались сгущенным концентратом индивидуально путем перекачки концентрата песковым насосом из общего сборного бака. Такое питание фильтров не позволяло бесперебойно и равномерно производить их загрузку и вскоре от этой схемы отказались. Аналогичные трудности в обеспечении равномерности питания барабанных фильтров и устранении забивания трубопроводов, подающих пульпу на фильтры, встречаются на многих обогатительных фабриках. Для устранения этого недостатка рационально применять многоструйные пульподелители, которые наряду с созданием равномерности питания позволяют автоматизировать процесс загрузки фильтров пульпой. Для этих целей на комбинате Каратау было установлено дополнительно четыре пульподелителя (по количеству технологических цепочек), благодаря которым удалось стабилизировать и плавно регулировать питание каждого фильтра. Забивание питающей системы фильтров сразу прекратилось.

Особенно большие трудности встречаются при эксплуатации в фильтрационном отделении вакуум-насосов типа ВН-120 при завышенном удельном расходе вакуума. Нормальный расход вакуума для фильтрации концентратов цветной и горно-химической промышленности должен составлять от 0,8 до 1,0 м³/мин·м². При увеличении удельного расхода вакуума свыше 2,0 м³/мин·м² движение воздуха и фильтрата в вакуум-трубопроводной системе возрастает более чем в два раза, что приводит к захватыванию фильтрата непосредственно в вакуум-насосы. По этой причине вакуум-насосы часто забиваются и выходят из строя.

В настоящее время на большинстве фабрик в процессе фильтрации с применением барабанных фильтров перелив пульпы с вакуум-фильтров и получаемый фильтрат направляют в сгуститель. Такая технологическая схема фильтрации малоэффективна, так как она резко увеличивает нагрузку на сгуститель за счет дополнительной циркулирующей нагрузки материалом, поступающим с переливов фильтров. Одновременно подача фильтрата в сгуститель с содержанием твердого 1—1,5% приводит к разбавлению питания сгустителей, что также снижает удельные показатели сгущения. Более правильно, если фильтрат, полученный в процессе фильтрации, поступает в технологический процесс в виде оборотных вод или выбрасывается, как это уже имеет место на комбинатах «Фосфорит», «Апатит» им. С. М. Кирова, Брянском фосфоритном заводе и др. Лишь в отдельные периоды эксплуатации в связи с нарушением технологических параметров фильтрации (прорыв ткани, забивание вакуум-трубопроводной системы и т. д.) фильтрат направляется в сгуститель. Перелив с фильтров лучше

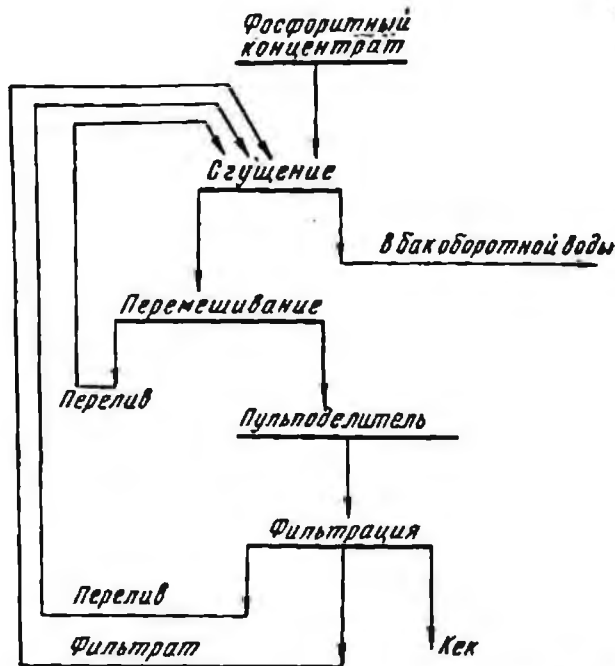


Рис. 76. Технологическая схема фильтрации на горно-химическом комбинате Каратау

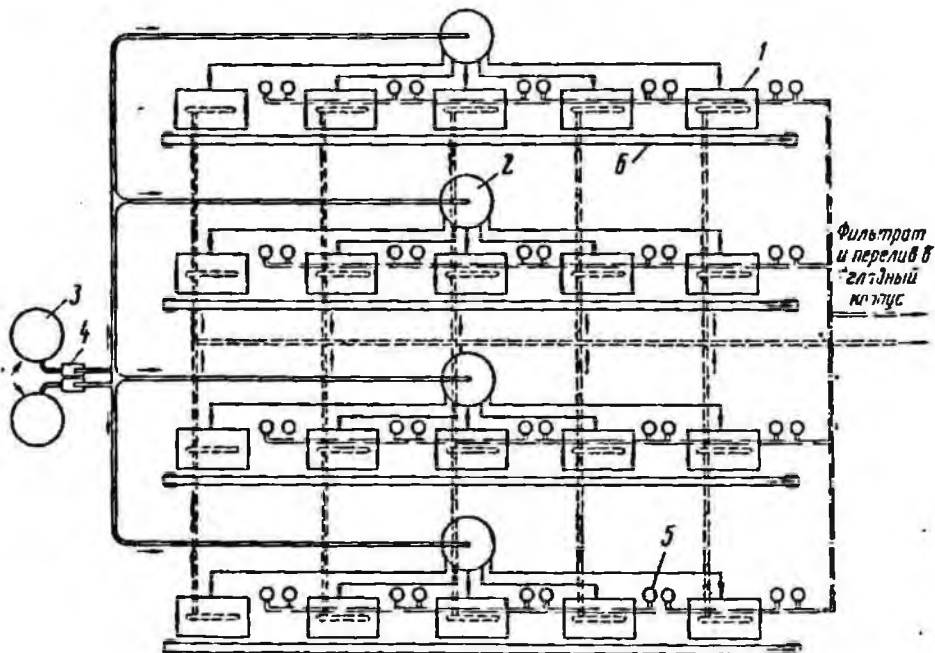


Рис. 77. Схема расположения фильтров в фильтровальном цехе:

1 — фильтры; 2 — распределительные устройства; 3 — питающие бачки со сгущенной пульпой; 4 — насосы; 5 — барометрические ресиверы; 6 — конвейер для сбора отфильтрованного осадка

направлять в отдельный сгуститель, из которого песковым насосом снова можно его перекачать на пульподелители, питающие фильтры.

При анализе режима фильтрационного оборудования была установлена динамика изменения производительности фильтров

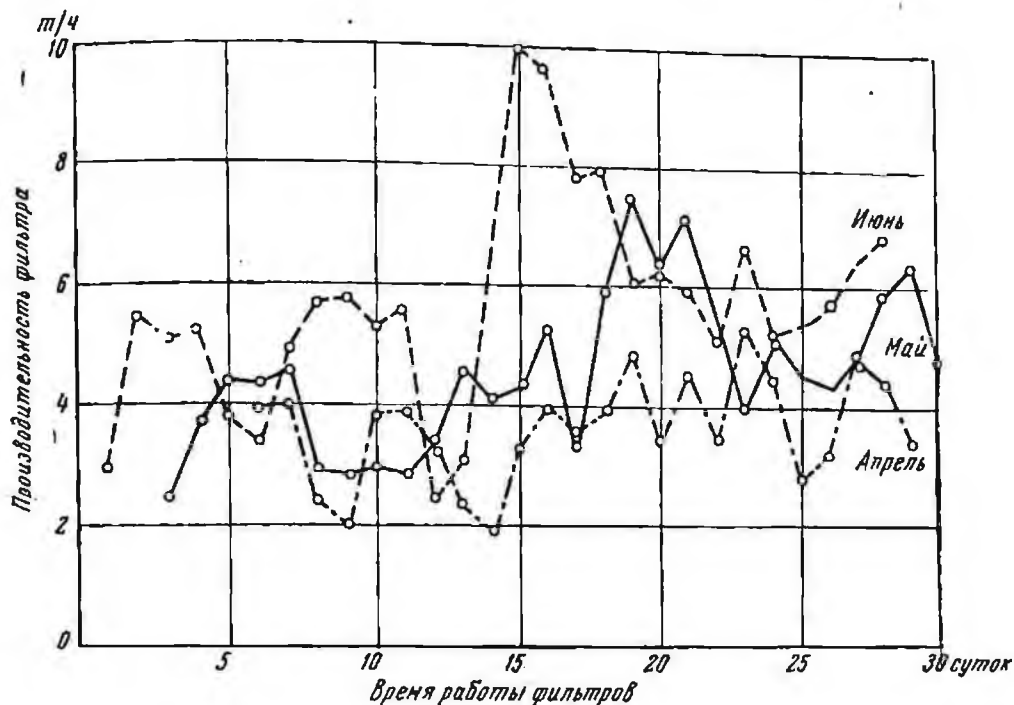


Рис. 78. Диаграмма изменения производительности фильтров в зависимости от времени его работы

от времени их работы, которая приведена в виде графиков на рис. 78. Фильтры в различные периоды эксплуатации давали очень сильные колебания по производительности. В отдельные дни производительность фильтров составляла всего лишь 2,0 т/ч, в другие — до 7 т/ч, при подаче более плотного материала она возросла до 10 т/ч. Такое резкое колебание среднесуточной производительности фильтров указывает на неправильный режим фильтрации и ненормальную эксплуатацию фильтров.

3. АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАРАБАННЫХ ВАКУУМ-ФИЛЬТРОВ

Режим эксплуатации барабанных вакуум-фильтров при прочих оптимальных условиях (вакуум, давление воздуха на отдувке кека) во многом зависит от степени перемешивания пульпы и

скорости вращения барабана, а также от уровня наполнения ванны фильтра пульпой.

Исследования показали, что для получения наилучших технологических показателей фильтрации очень важно иметь определенную скорость перемешивания пульпы (число колебаний мешалки), обеспечивающую равномерный набор кека без колебаний пульпы в ванне фильтра. Это позволит эксплуатировать фильтры с максимальным наполнением ванны и увеличить кинетику набора кека. Однако на большинстве фабрик в связи с большой скоростью качания мешалок и колебанием пульпы в ванне фильтры работают при наполнении ванны всего лишь на 50—70%. Заниженный уровень пульпы в ванне фильтра приводит к снижению производительности фильтра, большому подосу воздуха в вакуум-трубопроводной системе, непроизводительному расходу вакуума и соответственно увеличенной скорости движения воздуха в вакуум-трубопроводах. Например, на комбинатах Каратау, Солигорском, Березниковском при уровне заполнения пульпы в ванне фильтра в пределах 60% фильтруемый материал выплескивается и одновременно из-за большого раскачивания пульпы происходит колебание барабана фильтра синхронно с колебанием пульпы в ванне. Наличие значительных колебаний барабана фильтра в подшипниках нередко приводит к поломке последних или к очень быстрому их износу. Большие колебания пульпы снижают равномерность кинетики набора кека, за счет смывания его с барабана. Такое явление легко прослеживалось визуально, особенно при фильтрации сгущенного концентрата с плотностью 50—55% твердого. При этом хорошо были заметны образующиеся зигзагообразные полосы на кеке при выходе барабана из пульпы. Эксплуатация фильтров при повышенной скорости колебания мешалки не позволяет достигнуть высоких технологических показателей фильтрации.

Для поднятия уровня пульпы до сливного порога необходимо прежде всего стабилизировать колебание пульпы в ванне фильтра. Изучая этот процесс, мы пришли к выводу, что стабилизацию пульпы в ванне фильтра можно осуществить только путем уменьшения числа двойных качаний мешалки. При этом режиме можно достигнуть равномерности перемешивания материала и устранить колебания пульпы в ванне фильтра. Завод-изготовитель фильтров БОУ-40-3 «Пензхиммаш» совершенно необоснованно рекомендует завышенное число колебаний мешалок в ванне фильтра, а именно 22 в минуту. Поэтому на большинстве обогатительных фабрик фильтры работают не в оптимальном режиме и это снижает показатели фильтрации.

Опыты показали, что для вывода фильтров на максимальный налив и хорошую стабилизацию пульпы в ванне достаточно иметь число колебаний мешалки в минуту не более 14—16.

Для определения роста производительности фильтра при снижении скорости качания мешалки были поставлены промышлен-

ные опыты на двух параллельно работающих фильтрах в течение полного цикла эксплуатации фильтроткани. В табл. 46 приведены среднесуточные показатели эксплуатации этих фильтров.

Таблица 46

Показатели работы фильтров при различных режимах эксплуатации мешалки

Время эксплуатации фильтра, сутки	Производительность фильтра по данным замера влажного кека, т/ч	Полнота съема кека, %	Производительность, т/ч	
			по влажному кеку	по сухому кеку

Фильтр № 1 (14 качаний в 1 мин)

1	12,07	98	11,8	9,75
2	13,0	96	12,5	10,3
3	12,5	90	11,7	9,7
4	12,5	76	9,5	8,0
6	12,0	58	7,0	6,0
7	11,4	45	5,3	4,5
8	10,3	34	3,6	3,05

Фильтр № 2 (22 качания в 1 мин)

1	9,4	98	9,2	7,8
2	10,8	95	10,3	9,0
3	9,7	80	7,8	6,6
4	8,9	60	5,8	4,5
6	9,1	30	2,75	2,35
7	8,8	20	1,77	1,51

Производительность фильтра при уменьшенной скорости качания мешалки в среднем составила 7,5—7,8 т/ч вместо 5—5,5 т/ч. При эксплуатации фильтра со скоростью мешалки 14 качаний в минуту и максимальным наливом в первые четыре дня работы фильтра с новой фильтротканью производительность его достигла 10 т/ч. В дальнейшем в связи с засорением фильтроткани производительность фильтра начала падать и на 8 сутки эксплуатации она уменьшилась до 3,5 т/сутки (рис. 79).

При эксплуатации второго фильтра с большим числом качаний мешалки характер изменения производительности фильтра был аналогичен рассмотренному, но абсолютное значение производительности фильтра в данном случае соответственно снизилось на 30% [рис. 79, кривая 2].

Одновременно на фильтре, работающем с уменьшенным числом качаний, отмечалось увеличение полноты съема кека (рис. 80). Если здесь полнота съема кека в течение полного цикла эксплуатации фильтроткани составляла 70—75%, то на другом фильтре она снизилась до 60—65%.

При разных режимах работы мешалки также получается различная толщина кека. В качестве примера на рис. 81 показаны

барабанные фильтры, на которых резко отличается между собой толщина слоя кека. При эксплуатации фильтра *a* с полным палливом даже на засоренной фильтротканн толщина слоя кека заметно толще, чем на фильтре *b* с завышенным колебанием мешалки и незасоренной новой фильтротканью. Влажность кека на фильтре со сниженным качанием мешалки в среднем на 1,5—2% меньше, чем на фильтре с завышенным числом качаний мешалки.

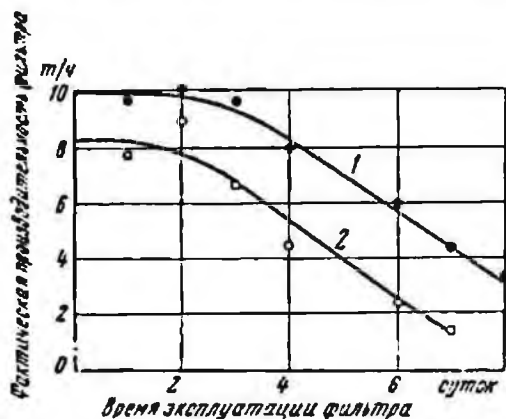


Рис. 79. Влияние скорости качания мешалки на производительность фильтров:
1 — 14 качаний в 1 мин; 2 — 22 качания в 1 мин

Выявленные преимущества работы барабанных фильтров типа БОУ-40-3 с пониженным числом качаний мешалки полностью подтвердились и на барабанном фильтре Букау-Вольф. На этом



Рис. 80. Зависимость изменения полноты съема кека от режима работы мешалки:
1 — 14 качаний в минуту; 2 — 22 качания в минуту

фильтре мешалка эксплуатировалась при 20 двойных качаниях в минуту. Большие колебания пульпы в ванне фильтра не позволяли установить максимальную степень заполнения ванны пульпой до требуемой отметки и снижали кинетику набора кека.

При уменьшении скорости качаний мешалки на данном фильтре до 14 в минуту колебание пульпы в ванне фильтра прекратилось, уровень заполнения ванны поднялся до заводской отметки. В результате этого удельная производительность фильтра сразу же резко возросла и составила $0,266 \text{ т/м}^2 \cdot \text{ч}$ при средней плотности питания 60%. В то время как при старом режиме работы фильтра удельная его производительность не превышала $0,21 \text{ т/м}^2 \cdot \text{ч}$.

Установлено, что при пониженном числе качаний мешалки имеющиеся колебания удельной производительности фильтра Букау-Вольф зависят от содержания твердого в питании фильтра (рис. 82). При плотности питания от 53 до 59% удельная произ-

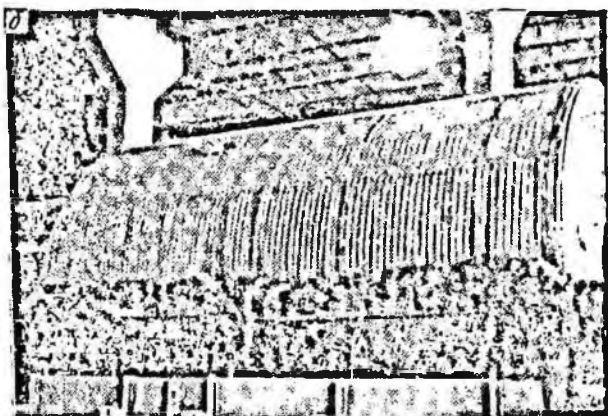
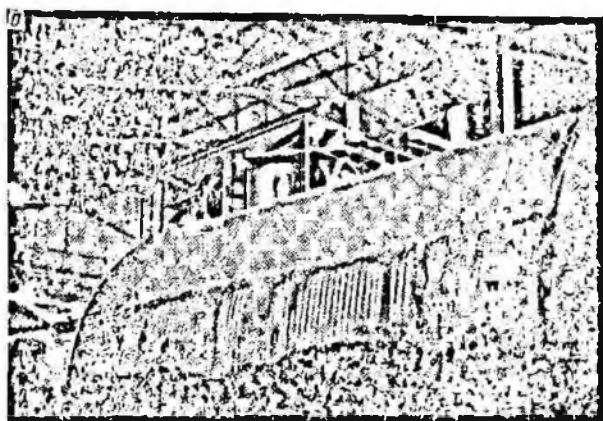


Рис. 81. Барабанный фильтр с различной толщиной чека:

а — число качаний мешалки в минуту — 14; б — число качаний мешалки в минуту — 22

водительность фильтра возрастает незначительно. В дальнейшем с увеличением плотности питания она резко возрастает и уже при плотности питания 63% удельная производительность фильтра достигает $0,34 \text{ т/м}^2 \cdot \text{ч}$.

Кроме скорости качания мешалки на показатели фильтрации оказывает влияние скорость вращения барабана фильтра.

В связи с этим для установления оптимальной скорости вращения барабана в промышленных условиях было проведено испы-

такие ряды фильтров с различными скоростями вращения барабана: 12, 18, 24, 28, 34, 50 об/ч.

Среднесуточные результаты проведенных наблюдений по характерным скоростям вращения барабана приведены в табл. 47, из которой видно, что наиболее целесообразно проводить эксплуатацию фильтров при скорости вращения барабана 24 об/ч. На этой скорости, несмотря на значительные колебания по плотности

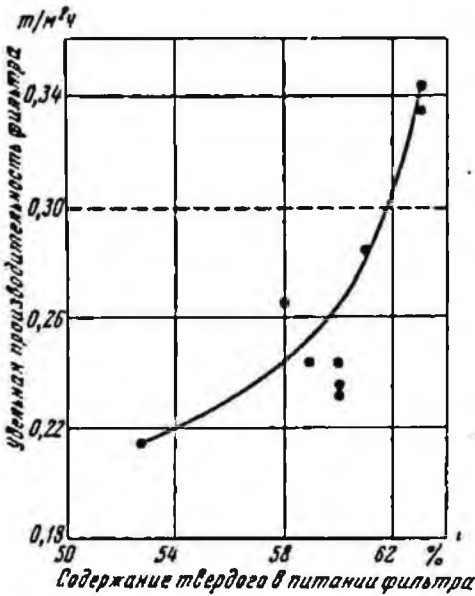


Рис. 82. Зависимость производительности фильтра от содержания твердого в питании

срок эксплуатации синтетической фильтроткани сократился до 5 суток.

Для получения максимальной производительности вакуум-фильтров в условиях работы комбината Каратау необходимо поддерживать скорость вращения барабана в пределах 24 об/ч вместо 34 об/ч. При этом срок эксплуатации синтетической фильтроткани возрастает с 7—8 суток до 9—10 суток за счет уменьшения количества изгибов ткани при перемене вакуума на давление, сокращается удельный расход вакуума при просушке кека за счет увеличения толщины его слоя и снижается влажность кека на 1,5—2%. В случае применения регенерации фильтротканей непосредственно на фильтрах, например, паром, скорость вращения барабана можно увеличить до 35 об/ч. Однако данную рекомендацию нельзя распространить на все обогатительные фабрики, поскольку скорость вращения барабана зависит от гранулометрической и химической характеристики фильтруемого материала. Более низкие скорости вращения рекомендуются при фильтрации тонкоизмельченного материала. Для большинства обога-

фильтруемого концентрата, удельная производительность фильтра достигала 0,182 т/м²·ч.

При данной скорости вращения барабана значительно возросла толщина слоя кека и улучшился его съем. Даже после 7—8-суточной эксплуатации капроновой фильтроткани съем кека был равен 85—90%.

При эксплуатации фильтра со скоростью вращения барабана 28 об/ч удельная производительность составила 0,162 т/м²·ч, а со скоростью вращения 18 об/ч только 0,125 т/м²·ч. При скорости вращения барабана 12 об/ч производительность фильтра была около 5 т/ч.

Применение более высоких скоростей вращения барабана, например 50 об/ч, также не улучшило показатели фильтрации;

Влияние скорости вращения барабана на производительность фильтров

Таблица 47

Время эксплуатации фильтра, сутки	Средняя плотность литания, % твердого	Скорость вращения барабана фильтра, об/ч					
		18		24		28	
		Средняя производительность по влажному кеку, т/ч	Средняя удельная производительность по сухому с учетом полноты съема кека, т/м ² ·ч	Средняя производительность по влажному кеку, т/ч	Средняя удельная производительность по сухому с учетом полноты съема кека, т/м ² ·ч	Средняя производительность по влажному кеку, т/ч	Средняя удельная производительность по сухому с учетом полноты съема кека, т/м ² ·ч
1	60,2	5,2	0,101	7,6	0,163	6,7	0,127
2	64,0	8,7	0,172	12,5	0,255	12,1	0,228
3	62,7	7,3	0,144	10,3	0,199	9,1	0,171
5	58,7	4,5	0,089	8,7	0,168	6,7	0,127
6	55,4	4,7	0,092	7,1	0,137	8,1	0,153
7	60,6	6,6	0,130	7,7	0,147	8,9	0,168
8	60,0	7,0	0,137	9,5	0,184	8,0	0,152
Среднее	60,3	6,3	0,125	9,3	0,182	8,6	0,162

тительных фабрик цветной металлургии скорость вращения барабана фильтров лучше принимать от 15 до 28 об/ч и в этих пределах необходимую для данных условий фильтрации скорость вращения барабана подобрать затем экспериментально.

Подводя итог по изысканию рационального режима эксплуатации барабанных вакуум-фильтров, можно отметить следующее.

В результате регулирования технологических параметров работы барабанных фильтров установлен оптимальный режим их эксплуатации и даны рекомендации по совершенствованию работы вспомогательного фильтрационного оборудования.

Отмечено, что при эксплуатации барабанных вакуум-фильтров наблюдаются значительные колебания пульпы в ванне фильтра. Для устранения этого недостатка предлагается снизить скорость мешалки на барабане фильтра до 14—16 качаний в минуту, вместо 22 качаний в минуту рекомендуемых заводом-изготовителем. Это позволит стабилизировать пульпу в ваннах фильтров и поднять уровень их заполнения до оптимальных отметок, обеспечить эксплуатацию фильтров с переливом через заводской порог и соответственно увеличить кинетику набора кека почти в два раза. Благодаря этому мероприятию производительность фильтров возрастает на 25—30% и значительно улучшаются другие показатели фильтрации: снижается влажность отфильтрованного осадка, повышается полнота съема кека, сокращается удельный расход вакуума.

Анализ работы барабанных вакуум-фильтров показал, что одним из критериев оптимальной их эксплуатации является скорость вращения барабана. На большинстве обогатительных фабрик скорость вращения барабана не соответствует характеристике фильтруемого материала. Поэтому в каждом конкретном случае оптимальную скорость вращения барабана фильтра нужно устанавливать экспериментально в промышленных условиях. Для фильтрации концентратов цветной металлургии и горно-химического сырья скорость вращения барабана преимущественно должна регулироваться в пределах 14—28 об/ч.

При фильтрации рудных пульп правильное установление наиболее рациональной скорости качания мешалки, скорости вращения барабана, а также поддержания оптимального вакуума и давления, подаваемого на отдувку кека, и других параметров позволит значительно повысить технологические показатели работы барабанных вакуум-фильтров на синтетических фильтротканях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При фильтрации рудных пульп синтетические фильтроткани из капрона и лавсана значительно превосходят по своим физико-химическим свойствам применяемые в настоящее время фильтроткани и обеспечивают более высокие технологические показатели работы фильтрационных аппаратов. С применением синтетических фильтротканей в работе установлены основные зависимости процесса фильтрации и рациональный режим эксплуатации фильтрационного оборудования. Это дало возможность изыскать оптимальные условия процесса фильтрации на синтетических фильтротканях. Опытами доказано, что производительность фильтра на синтетических фильтротканях по сравнению с существующими хлопчатобумажными возрастает на 25—30%, влажность кека снижается на 1—2%. При этом срок службы капроновых и лавсановых фильтротканей увеличивается более чем в 2 раза.

Согласно проведенным исследованиям выявлен состав, структура и основные физико-химические свойства веществ, отлагающихся на поверхности фильтротканей с различными ее свойствами и строением, и обоснованы причины и механизм возникновения этих отложений. Установлено, что при фильтрации щелочных пульп поверхность синтетических фильтротканей в основном засоряется карбонатами (до 70—80%), выделившимися из жидкой фазы пульпы и в меньшей степени тонкодисперсными частицами твердой фазы пульпы. На синтетических фильтротканях с более высоким отрицательным значением дзета-потенциала по сравнению с хлопчатобумажными меньше откладывается отрицательно заряженных частиц, например кварца. Полученные рекомендации о связи между электрокинетическим потенциалом волокон фильтротканей и частицами твердой фазы пульпы показывают, что можно

за счет более правильного применения фильтротканей значительно предотвратить отложения на их поверхности.

Изучена кинетика образования осадка на поверхности фильтротканей, выявлен индукционный период работы ткани. Показано, что процесс образования карбонатов на капроне против фильтродиагонали замедляется в 1,8 раза.

В ходе промышленных и лабораторных исследований обоснована целесообразность восстановления засоренных фильтротканей из капронового и лавсанового волокон. Разработанная номограмма для восстановления фильтротканей и предложенные расчетные формулы для этих целей позволяют легко определять оптимальные условия регенерации засоренных фильтротканей.

Рассмотрены способы предотвращения отложений на поверхности фильтротканей, а также выяснена роль поверхностно-активных веществ и применяемых реагентов при фильтрации рудных пульп и их влияние на степень засорения фильтротканей.

В результате выполненных исследований впервые разработан и предложен новый способ предотвращения образования отложений на поверхности фильтротканей с применением магнитного эффекта. На основании экспериментальных работ установлено, что при обработке фильтруемой пульпы в магнитном поле, например с напряженностью 600—800 э, снижается в 2—2,5 раза образование осадка на поверхности фильтроткани. Схема фильтрации с магнитной установкой существенно увеличивает срок эксплуатации тканей и производительность фильтров.

В работе выявлены особенности эксплуатации и регулирования основных параметров барабанных вакуум-фильтров, экипированных синтетическими фильтротканями, что позволило устранить имеющиеся постоянные заводские дефекты в конструкциях фильтров и установить оптимальный технологический режим их работы. Это дало возможность, например на горно-химическом комбинате Каратау, повысить производительность фильтров на 30%, существенно улучшить полноту съема кека и снизить его влажность на 1—1,5%.

Широкое применение синтетических фильтротканей для экипировки фильтров на обогатительных фабриках и гидрометаллургических заводах и внедрение рекомендаций по рациональной эксплуатации оборудования позволит значительно интенсифицировать процесс фильтрации рудных пульп и резко улучшить эксплуатационные показатели этого процесса.

Торговое или фирменное название волокон синтетических фильтротканей

Страна	Полиамидные	Полиэфирные	Полиакрилонитрильные	Поливинилхлоридные	На основе поливинилового спирта
СССР	Капрон, амид, энат, удекан	Лавсан	Нитрон, нитролон	Хлорин, ацето-хлорин, винитрон	Винол
США	Капролан, нейлон 66, нейлон 11	Даркон, амилар, викрон, кодель, фортрел	Орлон, акрилан, зефран, креслан	Виньон, саран, бексан, попит, пермалон	Винил, эльваноль
ГДР	Дедерон	Ланон	Вольакрил, прелан	Эластон, пеце	—
ФРГ	Перлон	Днолен	Дралон, пан	Ровиль	Синтофия
ЧССР	Силон, новодюр	—	Нитрилон	—	—
Англия	Нейлон, целон, нейлон 66	Терилон	Куртель	Бексан	—
Япония	Грилон, ниплон	Теторон	Экслан, нитрон	Виклон	Куралон, винило

Продолжение прилож.

Страна	Полиамидные	Полиэфирные	Полиакри- нитрильные	Поливинил- хлоридные	Из смеси пластмасс и волокна
Франция	Нейлон, ральсан, нил-франс	Тергаль	Крилор	Термовиль, изовиль, ровиль	Розовил
Италия	Лиллон, нейлон	Териталь	Крилон, Великрел	Сниоль, мовиль	—
ВНР	Денулон	—	Панакрил	—	—
ПНР	Стилон	—	—	—	—

ЛИТЕРАТУРА

1. Андерсон В. Изменение времен релаксации. ЯМР и ЭПР — спектроскопия. «Мир», 1964.
2. Бетехтин А. Г. Минералогия. Госгеолтехиздат, 1950.
3. Белянин Н. Н. Обработка воды магнитным потоком. «Энергетика за рубежом», 1959, № 8.
4. Бессонов С. В., Хохлов В. Р. Влияние состава воды на поглощение цианида и извести при цианировании руд. Сборник по технической информации и обмену опытом, ОТИ ЦНИГРИ, вып. 59, 1959.
5. Белаш Ф. Н., Пучина О. В., Чумаков В. А. Применение магнитной обработки пульпы для улучшения показателей флотации. «Цветная металлургия», 1965, № 3.
6. Белаш Ф. Н., Пучина О. В. Способ флотации железных руд. Авторское свидетельство № 1736665 от 1 апреля 1963 г. Бюллетень изобретений, 1965, № 16.
7. Варламова Н. П. Испытание капроновых фильтротканей. Бюллетень ЦНИИ цветной металлургии, 1956, № 9.
8. Валько Э. Коллоидно-химические основы текстильной технологии. Гизлегпром, 1939, часть 1.
9. Вермейрен Г. И. Магнитная обработка жидкости для предотвращения накипеобразования и коррозии. Энергетика за рубежом, БТИ ОРГРЭС, 1960.
10. Виноградова А. В., Скобеев И. К. О сохранении проницаемости фильтротканей. Труды ИГМИ, вып. 16, 1958.
11. Виноградова А. В., Скобеев И. К. Испытание различных видов фильтротканей. Труды ИГМИ, вып. 13, Иркутск, 1958.
12. Виноградова А. В. Исследование условий работы фильтротканей применительно к фильтрации цианистых пульп. Диссертация, Иркутск, 1958.
13. Гордон Г. М. Фильтровальные ткани из синтетического волокна для очистки газов от пыли. Бюллетень ЦНИИ цветной металлургии, 1959, № 15.
14. Геллер Б. Э. Химия и технология хлоринового волокна. Гизлегпром, 1958.
15. Грицай Ю. А. О некоторых особенностях засорения фильтровальной капроновой ткани. «Горный журнал», 1964, № 6.
16. Горский Ф. К., Михневич Г. П. Изменение хода температурной кривой числа центров кристаллизации пиперина под действием постоянного электрического поля. ЖЭТФ, т. 2, вып. 4, 1932.
17. Джалгасов К., Мячков В. Я., Пресс Э. Е., Бонович В. Э. Магнитная обработка воды. Алма-Ата, 1961.
18. Дунаев П. Т. Электромагнитная, ультразвуковая и внутрикотловая обработка воды. «Сахарная промышленность», 1960, № 7.
19. Жужиков В. А. Фильтрация, теория и практика разделения суспензий. Госхимиздат, 1961.
20. Жуков И. И. Коллоидная химия, Л., 1949.
21. Забровский В. А. Использование капроновой ткани для фильтрации. «Сахарная промышленность», 1956, № 11.

22. Зигель В. Фильтрация. 1939.
23. Иванюк Г. П. Опыт докотловой обработки воды электромагнитным полем. «Промышленная энергетика», 1960, № 9.
24. Классен В. И., Щербакова С. В., Кущенко А. Д. Результаты исследований действия магнитной обработки воды на флотации. «Цветная металлургия», 1964.
25. Классен В. И., Щербакова С. В., Способ флотационного обогащения полезных ископаемых. Авторское свидетельство № 173663 от 6 августа 1963 г., Бюллетень изобретений 1965, № 16.
26. Кармазин В. И., Щупов Л. П. Некоторые вопросы обезвоживания тонкоизмельченных железистых концентратов. «Горный журнал», 1963, № 9.
27. Коробкина Н. М. Фильтруемость смесей железистых кеков и флотационного концентрата. Бюллетень ЦИИН цветной металлургии, 1957, № 6.
28. Кузькин С. Ф., Небера В. П. Синтетические флокулянты в процессах обезвоживания. Госгортехиздат, 1963.
29. Кузькин С. Ф., Небера В. Н., Якубович Н. А., Золин С. П. Изучение механизма действия полиакрилоamidных флокулянтов. Известия ВУЗов. «Цветная металлургия», 1963, № 5.
30. Китайгородский А. И. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел. ТТИ, 1952.
31. Лапотышкина Н. П. Уменьшение интенсивности накипеобразования в конденсаторах турбин методом магнитной обработки охлаждающей воды. «Теплоэнергетика», 1959, № 11.
32. Лапотышкина Н. П. Информационное письмо Всесоюзного теплотехнического института им. Ф. Дзержинского. 1960, № 3.
33. Маскудов Г. А., Булыгин И. Н. Фильтровальные ткани из синтетических волокон. В сб. Сообщение о научно-технических работах (Обмен опытом № 1, НИУИФ). Госхимиздат, 1957.
34. Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолтехиздат, 1957.
35. Малаховский И. А. Применение звуковых и ультразвуковых колебаний при фильтрации суспензий. Применение ультразвука в химико-технологических процессах. Госхимиздат, 1962.
36. Митрофанов С. И. Исследование руд на обогатимость. Госгортехиздат, 1962.
37. Митрофанов С. И. Переработка окисленных медных руд по методу проф. В. Я. Мостовича. Госгортехиздат, 1956.
38. Марголин И. С. Применение синтетических волокон в текстильной и трикотажной промышленности. Ростехиздат, 1962.
39. Никитин М. Н. Теория ткацких переплетений на математической основе. Изд-во «Легкая индустрия», 1964.
40. Плаксин И. Н. Металлургия благородных металлов. Металлургиздат, 1958.
41. Плаксин И. Н., Юхтанов Д. М. Гидрометаллургия. Металлургиздат, 1949.
42. Пискарев И. В. Фильтровальные ткани из стеклянного волокна. Ростехиздат, 1960.
43. Пискарев И. В. Фильтровальные ткани, изготовление и применение. Изд-во АН СССР, 1963.
44. Панасюк В. И. Определение скорости фильтрования через стеклянные и другие фильтровальные ткани на приборе проф. Герцберга. Труды ВНИИСВ, вып. 1, 1949.
45. Польшкин С. И. Обогащение руд. Металлургиздат, 1953.
46. Польшкин С. И. Флотация руд редких металлов и олова. Госгортехиздат, 1960.
47. Польшкин С. И., Рафиенко А. И. О влиянии магнитного поля на засорение фильтротканей. «Цветные металлы», 1964, № 9.
48. Рафиенко А. И. Роль электрокинетического потенциала волокон в процессе засорения фильтроткани. Сб. «Технология и результаты исследования руд на обогатимость». ЦИИН цветной металлургии 1965.

49. Рафниенко А. И. Влияние физико-химических свойств волокон на кинетику образования осадка на фильтротканях. «Цветная металлургия», 1965, № 24.

50. Рафниенко А. И., Полькин С. И. Некоторые особенности воздействия магнитного поля на рудную пульпу. Известия ВУЗов, «Цветная металлургия», 1965, № 3.

51. Рафниенко А. И., Полькин С. И. Способ предотвращения засорения фильтротканей при фильтрации рудных пульп. Авторское свидетельство № 177799 от 17 августа 1963 г. Бюллетень изобретений, 1966, № 2.

52. Рафниенко А. И. Особенности технологической схемы электролизерной установки СЭУ-V. Технико-экономический бюллетень Иркутского СХУ, 1959, № 4.

53. Роскин Е. С. Настоящее и будущее синтетических волокон. Л., 1959.

54. Скобеев И. К., Рафниенко А. И. Промышленное испытание синтетических фильтротканей для фильтрации шламистых пульп. ЦНИИ цветной металлургии, 1963.

55. Скобеев И. К., Рафниенко А. И. Промышленное испытание новых синтетических фильтротканей типа капрон и лавсан на Тасеевской ЗИФ. Иркутск, 1962.

56. Скобеев И. К., Рафниенко А. И. Удостоверение Комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР о приоритете применения капроновой ткани для фильтрации тонкодисперсных цинкистых пульп за № 32247 от 10 октября 1962 г.

57. Скобеев И. К., Рафниенко А. И. Удостоверение Комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР о приоритете применения лавсановой фильтроткани при фильтрации тонкодисперсных цинкистых пульп за № 32248 от 10 октября 1962 г.

58. Скобеев И. К. Вопросы фильтрации рудных пульп. Докторская диссертация. ИГД им. А. А. Скочинского, 1952.

59. Скобеев И. К. Рациональные условия фильтрации цинкистых пульп на золотозвлекательных фабриках. Сборник материалов по технической информации и обмену опытом, ОТИ ЦНИГРИ, вып. 59, 1959.

60. Скобеев И. К. Применение новых фильтрующих материалов. Вестник восточно-сибирского правления НТО, 1962, № 6.

61. Скобеев И. К. Подсушка и промывка кеков при фильтрации. Сборник материалов по технической информации и обмену опытом, ОТИ ЦНИГРИ, вып. 59, 1959.

62. Скобеев И. К. Рациональные условия работы фильтротканей при фильтрации пульп на золотозвлекательных фабриках. Сборник материалов по технической информации и обмену опытом, ОТИ ЦНИГРИ, вып. 59, 1959.

63. Самойлов О. Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. Изд-во АН СССР, 1957.

64. Таггарт А. Ф. и др. Справочник по обогащению полезных ископаемых, т. 3. Металлургиздат, 1953.

65. Чумаков В. А., Шильман А. А. и др. Повышение эффективности фильтрации тонкоизмельченных магнетитовых концентратов. «Горный журнал», 1966 г., № 12.

66. Шапкин И. Ф., Писемский А. А. Магнитная обработка воды. Энергетический бюллетень, 1957, № 5.

67. Шпанов Н. В. Фильтры непрерывного действия. Машгиз, 1949.

68. Щупов Л. П. Применение капроновой ткани на вакуум-фильтрах. Бюллетень ЦНИИ черной металлургии, № 6, 1962.

69. Фишман М. Н., Соболев Д. С. Практика обогащения руд цветных и редких металлов. Госгортехиздат, 1950, т. 1.

70. Финкельштейн Г. А., Шилова Л. А. Фильтрация продуктов обогащения руд цветных и редких металлов. Обогащение руд, Механообр, 1962, № 6.

71. Эрдман С. С. Магнитное водоумягчение. Спиртовая промышленность, 1960, № 4.

72. Якубович И. А. Применение добавок флокулянтов для ускорения сгущения и фильтрации гидromеталлургических пульп. «Цветные металлы», 1957, № 12.
73. Якубович И. А. Флокуляция пульп и синтетические флокулянты полиакриломидного типа. «Атомная энергия», 1960, т. 8, № 6.
74. Norman Hedley. Polyphosphates in Cyanidation. Bulletin of the Institution of Mining and Metallurgical, 1950, March, № 520.
75. Henderson A. F., Cormel C. F., Donyon A. F. and Dahlstrom D. A. Filtration and Control of Moisture content on Taconite Concentrates, Mining Engineering, 1957, March, vol. 9, N 3.
76. Corwell C. F., Emmett R. C. and Dahlstrom D. A. The Rotobelt Filter New Tool in Minerals Beneficiation, Mining Engineering, 1958, february, vol. 10, N 2.
77. Neale S. M. The electrical double layer, the electrokinetic potential and the streaming current. Transactions of the Faraday Society, 1946, vol. 42, N 288.
78. Neale S. M. and Peters. Electrokinetic measurements with textile filres and aqueous solutions, Transaction of the Faraday Society, 1946, vol. 42, N 288.
79. Mason W. C., Solods-Fluds separation, Mining Engineering, 1963, vol. 15, N 2.
80. Steussloff I. L. Filtrationsprobleme in der Kaliindustrie. Bergakademie, 1963, N 6.
81. Coldsmith S. R., Graf D. L. and Soensun O. L. The occurrence of magnesian calcite in nature. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1955, vol. 7, N 5/6.
82. Englesberg S. New techniques in filtration. Sand E. C., 1962, N 11.
83. Bolek M. Beziehungen zwischen Kuchendicke und Betriebskosten von Filterpressen. Bergbauwissenschaften, 1962, N 2, S. 27—29.
84. Kraus. 2 lepsenic konst insnych vbastnosti bubnového filtra. Rudy (Praha), 1961, t. 9, N 5, s. 168—169.
85. Fischer C. Die Abreinigung von Gewebefiltren in Schlauch und taschenaus Filtrung. Aufbereitungs Technik, 1961, N 2, S. 66—67.
86. Foulon. Perlou—filter, Betriebsöconom, 1959, 12, N 7.
87. Vitez S., Kovacs L. Perlou szűzőszitászowt vizsgálata. Hidrologiai közlöny, 1959, v. 39 N. 1.
88. Michova S., Svedova. Polyamidove filtracni thaniny v enkzovarnictivi Zisty Cukrovarn, 1959, 75, N 5, Inform slurba, 1—3.
89. Frehn F., Hotop W., Stempel G. Filtern aus Sintermetallen. Aufbau, Werkstoffeigenschaften und Finsatermöglichkeiten, Dechema Monographien, 1957, 28, N 363—391.
90. Filler F. M. The role of porosity in filtration. Chem. Eng. Progr., 1955, 51, N 6, 282.
91. Vermairen. Revue societe royale ingrs et industriels, 1957, N 12.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава I. Оценка основных физико-химических свойств фильтротканей и область их применения при фильтрации рудных пульп . . .	7
1. Основные сведения о работе фильтровальных отделений обогатительных фабрик	8
2. Строение фильтротканей	13
3. Физико-химические свойства хлопчатобумажных фильтровальных тканей и особенности их применения	17
4. Синтетические фильтроткани	22
5. Асбестовые фильтроткани	43
6. Стекловолоконные фильтроткани	45
7. Металлические фильтрующие сетки	49
8. Другие типы фильтровальных тканей и перегородок	51
Глава II. Исследование основных фильтрационных показателей капроновых и лавсановых фильтротканей в промышленных условиях	55
1. Выбор новых синтетических фильтротканей	55
2. Анализ процесса фильтрации на золотонизвлекательной обогатительной фабрике	58
3. Производительность фильтров и рациональная их экипировка	62
4. Скорость вращения барабана вакуум-фильтра и ее влияние на процесс фильтрации	65
5. Зависимость технологических показателей процесса фильтрации от типа фильтроткани	67
6. Полнота съема кека и ее влияние на производительность фильтров	71
7. Зависимость качества фильтрата от типа фильтроткани и срока ее работы	75
8. Степень отмывки ценного компонента от кека	79
9. Влияние вакуума на производительность фильтров и другие показатели процесса фильтрации	80

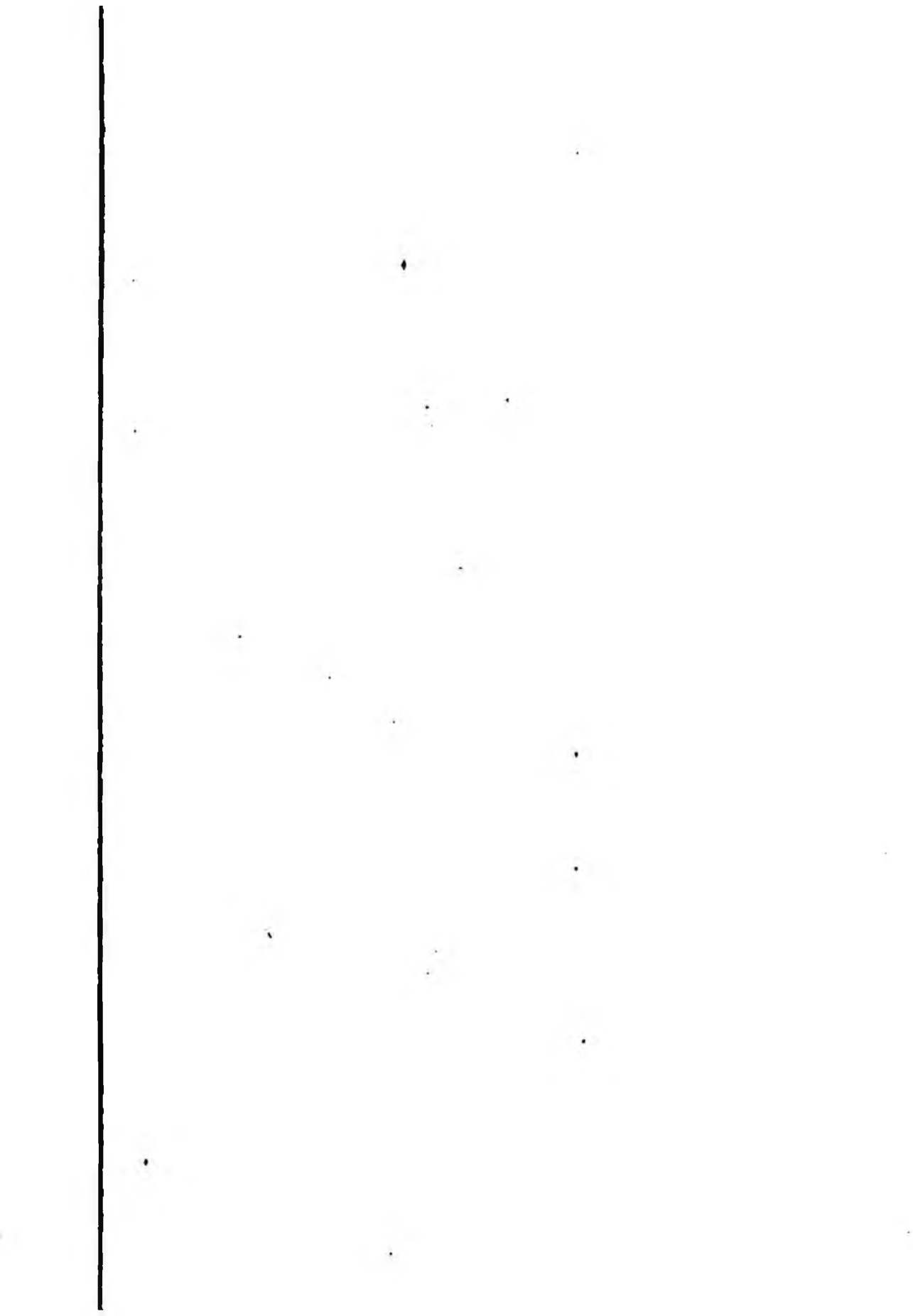
Глава III. Исследование механизма засорения фильтротканей	84
1. Состав, структура и основные физико-химические свойства веществ, засоряющих фильтроткани	86
2. Изучение физико-химического состава продуктов фильтрации и отложений веществ, засоряющих фильтроткани	90
3. Роль электрокинетического потенциала волокна в процессе засорения фильтротканей и его влияние на качество фильтрата	103
Глава IV. Кинетика засорения фильтротканей и методы их восстановления	114
1. Критерии оценки степени засорения и восстановления фильтротканей	114
2. Кинетика кристаллизации цементирующих осадков на фильтротканях	115
3. Изучение восстановления фильтротканей	122
4. Определение технологических показателей фильтрации на синтетических фильтротканях после их восстановления	128
5. Экономическая эффективность и перспективы применения синтетических фильтротканей	133
Глава V. Исследование химических и физических способов предотвращения отложений на фильтротканях	137
1. Химические способы предотвращения образования отложений на поверхности фильтротканей	137
2. Физические способы предотвращения образования отложений на поверхности фильтротканей	141
Глава VI. Особенности эксплуатации и регулирования технологических параметров работы барабанных вакуум-фильтров на синтетических фильтротканях	160
1. Задачи исследования и основные особенности работы барабанных вакуум-фильтров	160
2. Характеристика фильтруемого концентрата и рекомендации по эксплуатации фильтрационного оборудования	163
3. Анализ режимов эксплуатации барабанных вакуум-фильтров	167
Заключение	174
Приложение	176
Литература	178.

РАФИЕНКО Алексей Исаевич
ФИЛЬТРАЦИЯ РУДНЫХ ПУЛЬП
НА СИНТЕТИЧЕСКИХ
ФИЛЬТРОТКАНЯХ

Ведущий редактор *Е. А. Макрушина*
Технические редакторы *М. А. Кондратьева,*
В. В. Соколова
Корректор *А. В. Сергеева*
Переплет художника *А. Е. Чучканова*

Подписано к набору 21/III 1966 г.
Подписано к печати 24/VIII 1967 г.
Формат 60×90^{1/16} Печ. л. 11,5
Уч.-изд. л. 11,70 Бумага № 1.
Т.-11835 Тираж 1500 экз. Индекс 1-3-1
Зак. № 295 1767-11 Цена 77 коп.

Издательство «Недра», Москва К-12,
Третьяковский проезд, 1/19.
Ленинградская картфабрика ВАГТ



77 коп.

Н С Д Р А - 1967