

УДК 622.73

П.И. ПИЛОВ, д-р техн. наук,

Л.Ж. ГОРОБЕЦ, д-р техн. наук

(Украина, Днепр, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет"),

Т.Ю. МАШКОВА

(Украина, Днепр, Днепропетровский государственный университет внутренних дел)

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОТАЛЬКА ИЗ СЫРЬЯ УКРАИНЫ

Постановка проблемы. Для развития отечественной сырьевой базы лакокрасочных материалов (ЛКМ) актуально использование талькового сланца Кривбасса и тальковых концентратов при обогащении талько-магнезитов Правдинского месторождения Украины [1-4]. Талько-магнезиты – это часть массива ультраосновных пород, представленная крутопадающим пластообразным отложением, длина залежи которого составляет 800 м, ширина – 150-350 м, мощность – 100-180 м. Запасы сырья, разведанного Новомосковской комплексной геологоразведочной экспедицией (КГРЭ), составляют на глубину до 100 м до 200 млн т.

Разнообразное применение талька (стеатита, мыльного или горшочного камня, жировика) обусловлено его уникальными свойствами: белизна, химическая инертность (в кислотах не растворим), термическая устойчивость (не плавится до 1300 °С), гидрофобность, мягкость вещества (по шкале Мооса твердость – 1). В месторождениях тальк встречается как в листоватых чешуйчатых агрегатах, так и в виде плотной массы стеатита, который при прокаливании приобретает твердость до 6 единиц. Минерал имеет светлую окраску (бледно-зеленый или белый цвет, иногда с желтоватым или буроватым оттенком). Блеск стеклянный с перламутровым отливом. Слоистое строение и весьма совершенная спайность по (001) талька обуславливают его способность расщепляться на тонкие гибкие (но не упругие) листочки. Однако пакеты талька, структура строения которых схематично показана на рис. 1, обладают прочной внутренней связью и слабыми силами между собой.

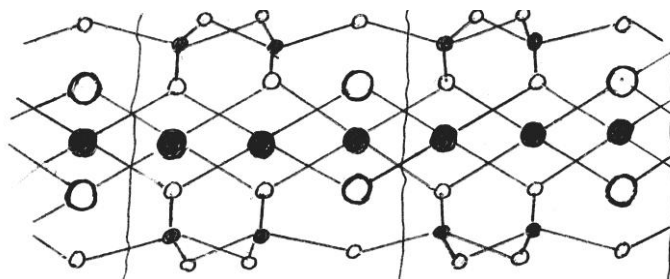


Рис. 1. Схема строения пакета талька:

о – О (кислород);

· – Si (кремний);

О – ОН-гидроксильная группа;

• – Mg (магний)

Загальні питання технологій збагачення

По своей структуре тальк $Mg_3(OH)_2[Si_4O_{10}]$ – это силикат с непрерывными слоями тетраэдров, составленных кремнекислородными группами, а между слоями – $Mg(OH)_2$. Химический состав: MgO – 31,7%; SiO_2 – 63,5%; H_2O – 4,8%, часто присутствуют примеси FeO , Al_2O_3 , Ni_2O . Тальк (продукт гидротермального изменения богатых магнием ультраосновных пород – формула 1) образуется за счет силикатов магния с помощью гидротерм, содержащих углекислоту, по следующим вариантам (формулы 2, 3) реакций:



По отечественным и зарубежным исследованиям известно, что применение талька высокой дисперсности (менее 20 мкм) и высокоэффективной поверхности (порядка тысяч $см^2/г$), называемого *микротальком* (МТ), существенно улучшает реологические свойства красок, атмосферостойкость и "укривистость" лакокрасочной продукции. Другими важными направлениями применения микроталька в промышленности являются: резино-техническая (при изготовлении резиноармированных сальников), литейная, керамическая, кабельная, пластмассовая отрасли (при модификации конструкционных термопластов), производство бумаги и картона (в качестве антисмоляного агента), поливинилхлоридных изделий (в качестве наполнителя), огнестойких волокнистых плит, электроизоляционных материалов, тонких (порядка 40 мкм) полиэтиленовых пленок для оборонной промышленности. Например, добавление кабельного микроталька в изоляционную резиновую смесь улучшает ее физико-механические и электроизоляционные свойства.

Качество тальковых концентратов регламентируется чистотой, оцениваемой содержанием нерастворимого остатка, белизной, крупностью и содержанием железа, придающего тальку желтоватый цвет. Согласно требованиям лакокрасочной промышленности содержание в МТ фракций (мкм) должно составлять (при остатке на сите 45 мкм – 0,1-0,5%) следующие значения: 98-90% -20 мкм, 95-70% -10 мкм, 80-40% -5 мкм в зависимости от сортности МТ (высший, первый и другие).

Анализ исследований и публикаций. Рассмотрим информацию о технологиях получения микроталька и области их применения в промышленности. В течение многих лет основными поставщиками микроталька на мировом рынке являются Финляндия, США, Австрия, Германия и Япония. Микротальк на предприятиях Финляндии и США получают по технологии, включающей

струйное измельчение. Например, качество микроталька финских марок устанавливают по содержанию тонких фракций в таком соотношении: -20 мкм – 100%, -10 мкм – 80-97%, -5 мкм – 53-85%, -2 мкм – 20-50%. В Финляндии микротальк используется как наполнитель в производстве мелованной бумаги. На рис. 2 показан вариант технологической схемы переработки тальковой руды на обогатительной фабрике США, расположенной в штате Нью-Йорк (район Гроувернер, мощность 60 тыс. т в год).

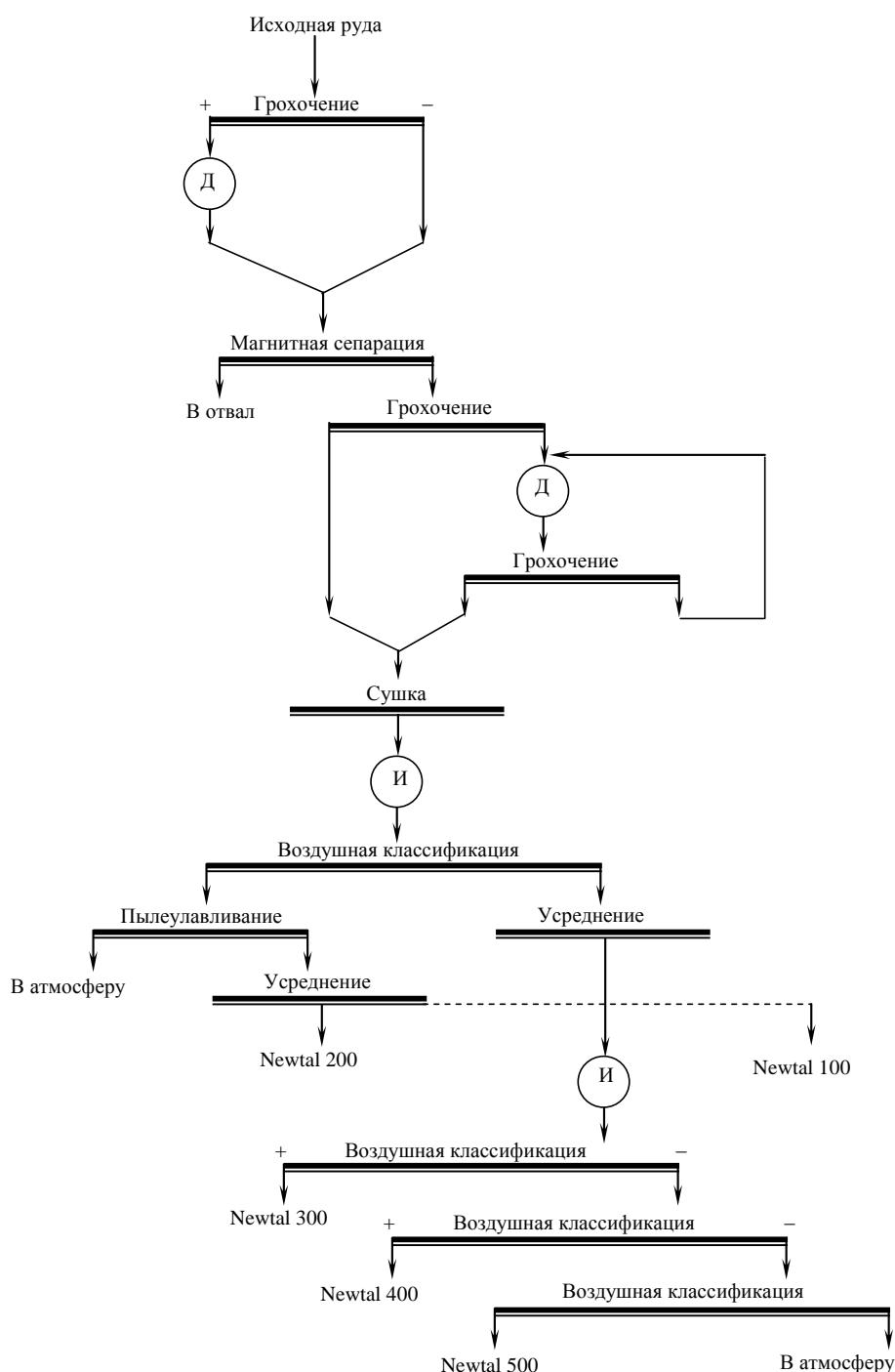


Рис. 2. Принципиальная схема переработки тальковой руды на фабрике фирмы "Гроувернер тальк К^о"

Исходное сырье содержит: $\text{SiO}_2 = 57-60\%$, $\text{MgO} = 25-30\%$, $\text{CaO} = 3-7\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} = 0,29\%$. Для измельчения пород используются галечные и воздушоструйные мельницы. Тальковые продукты с размером частиц меньше 150 и 74 мкм направляются для производства керамики (*Newtal* -100, -200). Микротальк марок (*Newtal* -300, -400, -500) характеризуется средней крупностью частиц соответственно 6, 1,5 и 0,8 мкм. Для получения микроталька применяют батарею, включающую 14 струйных мельниц, каждая из которых снабжена двумя последовательно установленными циклонами и рукавным фильтром с бункерами, где улавливается микротальк указанных марок. Производительность одной мельницы – 300 кг/ч, рукавного фильтра в ее комплекте – 15 кг/ч, эффективность пылеосаждения в двух циклонах – 95%.

В Австрии микротальк для бумажной промышленности производится в струйных мельницах кольцевого типа производительностью 1-1,5 т/ч от средней крупности частиц 40 мкм до 5 мкм в продукте. Энергоноситель – перегретый пар с температурой 400 °С и избыточным давлением 1,6 МПа. Отработанный энергоноситель после трехстадиальной очистки в пневмофильтрах выбрасывается в атмосферу.

Традиционными потребителями микроталька в Российской Федерации являются предприятия лакокрасочной, кабельной, резиновой, керамической промышленности, по требованиям которой производится микротальк Шабровским и Миасским тальковыми комбинатами: содержание частиц -5 мкм – не менее 50%. В технологических линиях применяют роliko-маятниковые мельницы (1,5 т/ч), роторные быстроходные мельницы конструкции института "Гипронефтеметаллоруд" и струйные мельницы с плоской помольной камерой. На рис. 3 показана технологическая схема переработки талькового сырья на Шабровской фабрике, включающая измельчение руды, обогащение методом флотации и доизмельчение талькового концентрата.

Целью данной работы является обоснование рациональной технологии получения микроталька для нужд промышленности Украины с учетом результатов исследований измельчения, опыта обогатимости талькового сырья и технологий производства микропорошков в мировой практике [5-13].

Изложение основного материала. Исходным сырьем для получения микроталька в Украине могут служить тальковые сланцы Кривбасса (Ингулецкий ГОК) и талькомагнезитовые породы Правдинского месторождения Днепропетровской области [2]. Минеральный состав природного талькового сланца (плотность $\rho_{исх} = 2,85 \text{ г/см}^3$) изменяется в следующих пределах: тальк – 60-82%; хлорит – до 30%, гематит, пирит – 1-3%; кварц – 5-8%.

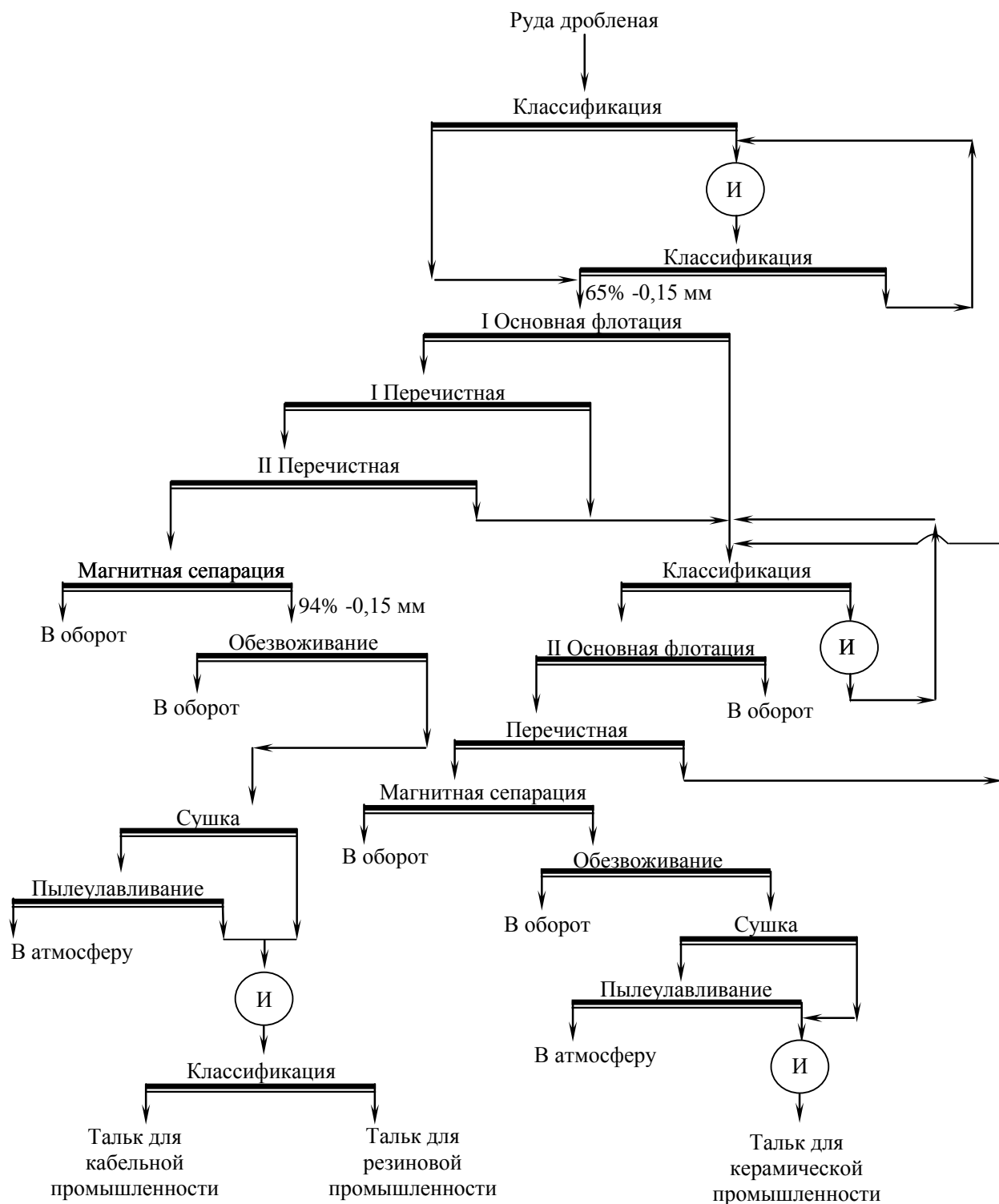


Рис. 3. Схема получения микроталька на Шабровской фабрике

Отработка технологии получения *микроталька* проведена на пробах талькового сланца, подготовленного измельчением на Криворожском суриковом заводе (КСЗ) ($\rho_{изм} = 2,6-2,7\text{ г/см}^3$). Химический состав (%) природного (1) и измельченного (2) талькового сланца приведен в таблице 1. При этом величина

Загальні питання технологій збагачення

потерь при прокаливании (п.п.п.), характеризует содержание магнезита, а содержание нерастворимого остатка (н.о.) – наличие талька в пробе.

Таблиця 1

Химический состав природного (1) и измельченного (2) талькового сланца, % (вес)							
№ п/п	SiO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	п.п.п.	н.о.
1	37-54	20-26,6	10-14	6-10,5	0,2-7,5	5-10,6	61-68
2	43,8	26,2	11,2	6,3	0,69	10,6	68

Крупность молотого талька КСЗ составляла менее 0,2% остатка на сите 90 мкм, удельная поверхность – $S = 0,53-0,54 \text{ м}^2/\text{г}$, влажность – менее 0,5%, белизна ≈ 65 . Доизмельчение (диспергирование) талька КСЗ проведено в лабораторной струйной мельнице противоточного типа производительностью 20-50 кг/ч. Режимы измельчения и классификации регулировали изменением давления энергоносителя (сжатого воздуха) и частоты вращения ротора отбойно-вихревого классификатора в диапазоне: $P = 0,3-0,5 \text{ МПа}$; $n = 1500-1900 \text{ мин}^{-1}$. Дисперсность микроталька оценивалась на приборе Товарова Т-3 по величине удельной поверхности.

По отработанной технологии проведено диспергирование в струях опытно-промышленной партии (400 кг) талькового сланца в условиях Вольногорского ГМК: $P = 0,3-0,5 \text{ МПа}$; $n = 500-900 \text{ мин}^{-1}$. Удельная поверхность продукта циклона составила $S = 0,95-1,15 \text{ м}^2/\text{г}$, продукта фильтра $S = 2,16 \text{ м}^2/\text{г}$. Технологические свойства микроталька струйного помола оценивались ЦЗЛ Днепропетровского лакокрасочного завода (ДЛКЗ) с позиции пригодности в технологии производства эмали ПФ-218 и других видов ЛКМ.

В таблице 2 приведены показатели дисперсности и свойств полученного из талькового сланца Кривбасса микроталька в сравнении с уральским микротальком Миасского месторождения. Результаты исследования показали, что применение струйного микроталька в технологии получения эмалей позволяет сократить в 3-4 раза длительность "перетира" по сравнению с тальком миасским при их сопоставимой дисперсности. Установлено, что готовая продукция, изготовленная с применением струйного микроталька, по всем показателям отвечает нормам производства лакокрасочной продукции (грунты, ВДК, эмали). Проведенное исследование позволяет считать технологию струйного диспергирования криворожского талькового сланца Украины перспективной, поскольку при стабильном качестве продукции, отвечающей технологическим нормам, возможно снижение энергозатрат на ведение производственного процесса.

В работах [2-5] отражены результаты исследований рациональных режимных параметров струйного измельчения талько-магнезитов Правдинского месторождения, обеспечивающих эффективное раскрытие талька и магнезита для последующего флотационного обогащения.

Таблиця 2

Дисперсність и технологические свойства микроталька струйного помола

Удельная поверхность, м ² /г	Остаток на сите 45 мкм, %	Длительность "перетира", мин	Качество ЛКМ по "клину", мкм
Микротальк струйный			
1,15	1,96	25	80
1,07	0,07	25	50
1,00	0	35	55
0,95	0	25	50
0,95	0	20	50
Микротальк миасский			
1,01	0	100	80

Испытания струйного измельчения талько-магнезитов были проведены в условиях Вольногорского горно-металлургического комбината на представительной пробе массой 55 т следующего химического состава: 28,76-28,61% SiO₂; 34,86-35,5% MgO; 0,51-0,57% Al₂O₃; 0,89-1,04% Fe₂O₃; 6,68-6,04% FeO; 0,46-0,51% CaO; 27,37-27,22% п.п.п.

Основу для измельчения и отдельного осаждения магнезитового и талькового продуктов струйным методом составили значительные различия разделяемых минералов в плотности, строении, крупности (размер зерен магнезита составляет 0,05-0,04 мм, талька 0,005-1 мм) и измельчаемости (твердость талька – 1 по шкале Мооса, магнезита – 3-3,5).

Перед измельчением керновый материал скважин дробили в молотковой дробилке от 150-300 до 20-25 мм. Технологическая линия обогащения включала дробление, газоструйное измельчение, флотацию талька катионным собирателем, флотацию магнезита жирно-кислотным собирателем, магнитную сепарацию в слабом поле [2, 3].

Энергоносителем струйной установки служили продукты сгорания природного газа с температурой 500-600 С и давлением в камере сгорания 0,2-0,28 МПа. В таблице 3 приведены показатели промышленных газоструйных установок при измельчении талько-магнезитов и других видов сырья Украины производительностью 1-4 т/ч в зависимости от вида энергоносителя (холодный, нагретый) и его параметров (температура, давление), а также от измельчаемости материала в струях. Технологии измельчения разработаны сотрудниками Национального горного университета и доведены до промышленного внедрения на Вольногорском горнометаллургическом комбинате (ВГМК), Полоцком заводе стекловолокна (ПСЗВ), Волгоградском керамическом заводе (ВКЗ) [2, 5-10].

Показатели работы газоструйных установок при измельчении различных сырьевых материалов

Показатель	Вид сырья						
	Талько-магнезит ВГМК	Циркон ВГМК	Циркон ВГМК	Шлак ВКЗ	Песок ВКЗ	Стекольный песок ПЗСВ	Стекольный песок ПЗСВ
Вид энергоносителя	ПС	ПС	ХВ	ПС	ПС	ПС	ХВ
Давление, МПа:							
– воздуха	–	–	0,5	–	–	–	0,39
– продуктов сгорания	0,2-0,28	0,24-0,38	–	0,34	0,34	0,38	–
Температура продуктов сгорания, °С	500-600	450-650	35	600	600	600	35
Удельный расход:							
– воздуха, нм ³ /т	2000	1015-1250	–	1280	920	1140	1480
– природного газа, нм ³ /т							
– электроэнергии, кВт·ч/т	30-50 34	19-25 75-61	– 246	29 75	20,9 54	19 61	– 136
Установочная мощность, кВт							
– компрессора	90	90	250	90	90	90	200
– классификатора	5	5	5	5	5	5	5
– вентилятора	40	40	40	40	40	40	40
Крупность исходного материала, мм	25-0	0,2	0,2	5-0	0,5-0	до 1	до 1
Производительность, т/ч	4,0	1,8-2,2	1,2	1,8	2,5	2,2	1,8
Дисперсность продукта, %							
– остаток на сите R	R ₄₀ = 5,2-9,7	R ₆₀ =0,5	R ₆₀ =0,5	R ₆₀ =1	R ₆₀ =2	R ₆₀ =19,8 R ₁₀₀ =4,0	R ₆₀ =21,5 R ₁₀₀ =1,5
Удельная поверхность S _{уд} , м ² /г	1,15	0,23	0,24	0,26	0,22	0,24	0,25

Примечания: ПС – продукты сгорания природного газа; ХВ – холодный сжатый воздух.

Данными промышленных испытаний газоструйного способа измельчения талько-магнезитов установлено, что благодаря легкой измельчаемости и чешуйчатого строения тальк преимущественно накапливается в тонких классах (9-12 мкм, п.п.п. – 18-21%) измельченного продукта, тогда как магнезит – в классах крупностью 38-48 мкм, п.п.п. – 36-39%. При крупности частиц менее 40 мкм сростков основных минералов содержится не более 3-5%, тогда как при крупности менее 20 мкм наблюдается полное раскрытие сростков. Из анализа данных седиментации следует, что зерна магнезита накапливаются в классах более 20 мкм, тальк преимущественно имеет размер частиц менее 10 мкм. Содержание класса -10 мкм составляет в магнезитовом продукте 19-29%, в тальковом продукте – 46-50%, в пыли (продукте фильтра) – 70-74%. Значительный выход класса 74-20 мкм с преобладающим содержанием магнезита указывает на отсутствие переизмельчения зерен магнезита.

Таким образом, на основе выявленных различий в крупности и плотности минералов магнезита и талька, избирательного характера их измельчаемости в струях реализованы технологические достоинства газоструйной установки, включающие совмещение с измельчением операций пневматической сепарации в газовых потоках и последующего отдельного пылеосаждения двух качественно различных продуктов: магнезитового и талькового, аналогичного грубому концентрату талька.

На рис. 4 приведена предлагаемая схема переработки талько-магнезитов Правдинского месторождения с использованием газоструйной технологии измельчения, совмещающей тонкое избирательное раскрытие основных минералов с пневматической сепарацией и отдельным пылеосаждением талькового и магнезитового продуктов.

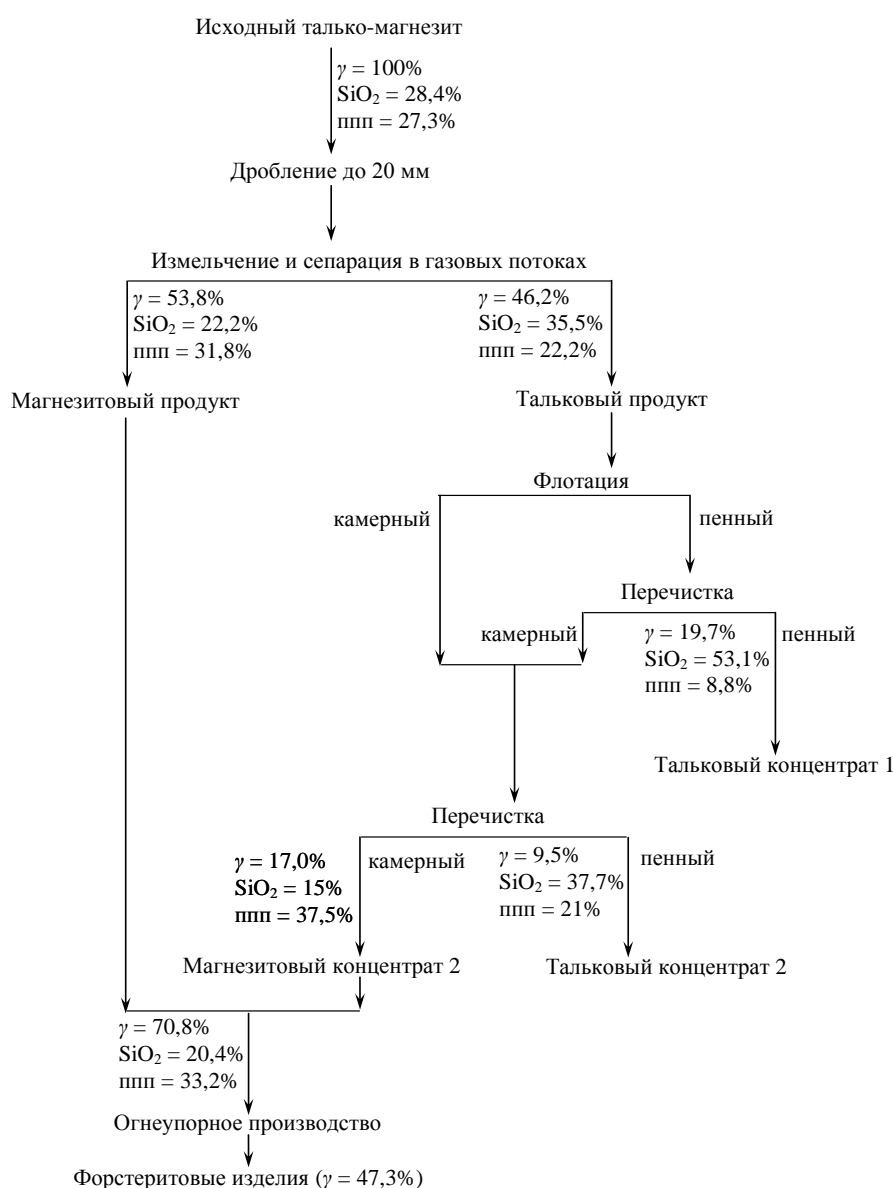


Рис. 4. Рекомендуемая технологическая схема переработки талько-магнезитов Украины

Полученные магнезитовые концентраты согласно испытаниям в УНИИО и на Пантелеймоновском огнеупорном заводе показали пригодность для форстеритового производства. Тальковые продукты в виде пыли (до 20%), улавливаемой в пылесистемах дробильной и помольной установок, и талькового флотационного концентрата 1 и 2 сортов (29,2%) могут служить сырьем для получения микроталька [2]. При струйном доизмельчении талькового концентрата из талько-магнезитов Правдинского месторождения получен продукт циклона с удельной поверхностью $\approx 0,8 \text{ м}^2/\text{г}$ и продукт фильтра $-1,42-1,46 \text{ м}^2/\text{г}$, отвечающие требованиям на микротальк для различных видов лакокрасочной продукции.

Выводы

1. Основу рациональной технологии получения микроталька из природного талькового сланца Кривбасса составляет операция струйного доизмельчения (диспергирования до 20-40 мкм и удельной поверхности порядка $1 \text{ м}^2/\text{г}$) сланцевого продукта, подготовленного предварительно на стандартном дробильно-измельчительном оборудовании до средней крупности частиц 0,2-0,5 мм. По оценке Днепропетровского лакокрасочного завода полученный в струях микротальк пригоден в технологии производства эмали ПФ-218 и других видов лакокрасочной продукции.

2. Предлагаемая технологическая схема комплексной переработки путем струйного измельчения и флотационного обогащения талько-магнезитов Правдинского месторождения включает получение кондиционных тальковых концентратов, диспергирование которых струйным методом обеспечивает требуемое качество микроталька с удельной поверхностью $0,8-1,4 \text{ м}^2/\text{г}$ для производства лакокрасочной продукции (грунты, ВДК, эмали).

3. Анализ показателей работы газоструйных установок различного типа при измельчении ряда сырьевых материалов (циркон, шлак, песок, талько-магнезит) позволяет считать возможным и экономически целесообразным для струйного измельчения (или диспергирования) микроталька применение нагретого энергоносителя (продуктов сгорания природного газа). Производительность установки на стадии измельчения до 74 мкм может составить до 4 т/ч, на стадии диспергирования – до 2 т/ч (расход электроэнергии – до 75 кВт·ч/т, расход природного газа порядка $19-25 \text{ нм}^3/\text{т}$).

Список литературы

1. Производство тонкодисперсных материалов в установках струйного измельчения / П.И. Пилов, Л.Ж. Горобец, И.В. Верхоробина и др. // Тонкоизмельченные и ультрадисперсные материалы в промышленности (производство и применение): Матер. 1-й Междунар. научн.-практ. конф. – С.-Пб.: "ИВА", 2003. – С. 18-22.

2. Горобец Л.Ж. Развитие научных основ измельчения твердых полезных ископаемых. Дисс. д-ра техн. наук: НГУ: Днепр-ск, 2004. – 480 с.

3. Горобец Л.Ж., Машкова Т.Ю. Разработка технологии переработки огнеупорного сырья

України // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2017. – Вип. 65(106). – С. 14-23.

4. Горобець Л.Ж., Машкова Т.Ю. Обоснование способа раскрытия минералов огнеупорного сырья Украины // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2017. – Вип. 66(107). – С. 22-28.

5. Горобець В.И., Горобець Л.Ж. Новое направление работ по измельчению. – М.: Недра, 1977. – 183 с.

6. Горобець Л.Ж., Горобець В.И., Задорожный В.Г. Опыт внедрения и эксплуатации газоструйной мельницы в редкометальной промышленности // Подготовка руд к гравитационному обогащению на предприятиях цветной металлургии: Тез. докл. – М., 1974. – С. 55-58.

7. Горобець В.И., Горобець Л.Ж. Опыт освоения газоструйной мельницы ВНИИНТИ и ЭПСМ серия "Керамическая промышленность". – М., 1974. – В. 1. – С. 21-23.

8. Иванов А.А., Горобець В.И., Горобець Л.Ж. Газоструйная установка для помола отощающих материалов. // Стекло и керамика. – 1974. – № 1. – С. 23-25.

9. Горобець Л.Ж. Микророшки: технология и оборудование // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 1999. – Вип. 4(45). – С. 33-41.

10. Горобець Л.Ж., Федотовских А.Ф. Возможности микронизации минеральных продуктов газодинамическим способом // Сб. тезисов докладов Международной конференции "Современные пути развития горного оборудования и технологий переработки минерального сырья 24-25 окт. – 1996 г. – Дн-ск. – С. 11-12.

11. Горобець Л.Ж. Технология микронизации порошков в режимах высокодинамичной обработки // Материалы комплекса научных мероприятий стран СНГ "Механическая обработка дисперсных (сыпучих) материалов и сред. – Одесса, 1997. – С. 12-14.

12. Ежов А.Г., Горобець Л.Ж. Особенности похода к конструированию установок струйного измельчения при получении микророшков // Материалы конф. "Теория и практика процессов измельчения, разделения, смешения и уплотнения". – Одесса: ОГМА, 1998. – С. 16-24.

13. Горобець Л.Ж., Гаевой В.В. Основные принципы развития технологий тонкого и сверхтонкого измельчения // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2003. – Вип. 17(58). – С. 38-44.

14. Пілов П.І., Коваленко М.Д., Стрельніков Г.О., Москалев О.М., Чаплиць О.Д., Горобець Л.Ж., Остапов А.І. Спосіб подрібнення рудних матеріалів у зустрічних газодинамічних потоках при термічній обробці. Деклараційний патент на корисну модель, №7001, ВО2С19/06, ВО2С19/00, ГО1М9/06. – 5.06.2005, Бюл. № 6. – 11 с.

15. Пілов П.И., Горобець Л.Ж., Верхоробина И.В. Технологические возможности струйных измельчителей // ГИАБ. – 2007. – №3. – С. 359-367.

16. Пілов П.И., Горобець Л.Ж., Мальченко В.И., Лысенко А.А. Развитие и совершенствование конструкций струйных измельчительных установок // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2009. – Вип. 38(79). – С. 59-68.

© Пілов П.И., Горобець Л.Ж., Машкова Т.Ю., 2018

Надійшла до редколегії 02.03.2018 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким