

УДК 66.047.75

А. Н. ХРАМОВ, М. Ю. СУББОТИН (Забайкальский государственный университет)

В. П. ХАМЬЯНОВ (ОАО «Мальшевское рудоуправление»)

Б. А. КУТЛИН (ЗАО «РИВС-проект»)

ВЫБОР ВНУТРЕННИХ УСТРОЙСТВ БАРАБАННЫХ СУШИЛОК ПРИ СУШКЕ ФЛОТАЦИОННЫХ КОНЦЕНТРАТОВ



А. Н. ХРАМОВ,
доцент,
канд. техн. наук



М. Ю. СУББОТИН,
инженер



В. П. ХАМЬЯНОВ,
технический директор



Б. А. КУТЛИН,
генеральный директор,
д-р техн. наук

Интенсификация конвективного теплообмена в процессе сушки концентратов достигается путем подбора определенной конструкции внутренних устройств барабанных сушилок в соответствии с изменением угла естественного откоса флотационного концентрата по мере его перемещения внутри барабана с целью создания более плотной и равномерной завесы на пути движения сушильного агента.

Ключевые слова: термическая сушка, конвективный теплообмен, барабанная сушилка, насадки (внутренние устройства), флотационные концентраты, сыпучие свойства.

Процесс сушки материалов, в том числе продуктов обогащения, как известно, зависит от влажности, размера частиц материала, способа их укладки, гидродинамических условий обтекания частиц теплоносителем и параметров среды. Эффективность сушки продуктов обогащения (концентратов), в частности в барабанной сушилке, существенно зависит от конструкции и состояния внутренних устройств барабана (насадки), основное назначения которых — обеспечить максимально возможную открытую площадь поверхности частиц для протекания конвективного теплообмена (передачи тепла от теплоносителя материалу при непосредственном их соприкосновении) [1, 2].

Стандартная насадка, поставляемая заводом-изготовителем вместе с корпусом барабанной сушилки, недостаточно приспособлена к выполнению этой основной функции, так как не может учитывать физических свойств различных флотационных концентратов.

В октябре 2012 г. с целью уточнения технологической схемы, выявления и изучения причин высокой запыленности и других проблем в отделении обезвоживания и сушки обогатительной фабрики ОАО «Мальшевское рудоуправление» (ОАО «МРУ») сотрудники ЗАО «РИВС-проект» провели аудит данного участка.

На обогатительной фабрике перерабатываются пегматитовые руды и пегматоидные граниты с получением флотационных полевошпатового и слюдяного концентратов. Оборудование для обезвоживания и сушки полевошпатовых концентратов скомпоновано в шесть параллельных технологических ниток, работающих независимо друг от друга. Каждая из них включает узел сгущения (гидроциклон ГЦП-250/10, два ленточных вакуум-фильтра ЛУ-1,6-

3,2-0,5), барабанную сушилку БН 1,6-10НУ-01, два элеватора ЛГ-250, систему газоочистки (циклон ЦН-15-1000-2, циклон-промыватель СИОТ № 6, дымосос ДН-10М) и бункер готовой продукции. Отработанные газы всех технологических ниток после газоочистки через сбросной коллектор и трубу высотой 80 м выбрасываются в атмосферу [3].

Сушка флотационных полевошпатовых концентратов (кеков ленточных вакуум-фильтров влажностью от 14,7 до 19,4 %) по нормативным требованиям ГОСТа производится в барабан-

ных сушилках до влажности менее 1 %.

Конструкция внутренних перегревающих устройств насадки барабанной сушилки БН 1,6-10НУ-01 специалистами обогатительной фабрики была коренным образом модернизирована: заводские приемно-винтовые лопасти, подъемно-лопастные и секторные насадки заменены по всей длине барабана на однотипные подъемно-лопастные зубчатые насадки (рис. 1).

Применение однотипной подъемно-лопастной зубчатой насадки по всей длине барабана сушилки не выполняет в полной мере поставленную задачу — создание более плотной и равномерной завесы концентрата по сечению барабана на пути сушильного агента, что существенно снижает показатели сушки полевошпатовых концентратов в целом. Это наглядно демонстрирует схема механизма раскрытия высушиваемого материала для теплообмена в поперечном сечении барабанной сушилки, приведенной на рис. 2. При применении лопастной насадки с одной лопаткой (см. рис. 2, поз. а) материал сходит с лопасти в одной из половин сечения барабана (правой или левой) в зависимости от угла наклона и размера лопатки, что исключается при применении лопасти с двумя лопатками (см. рис. 2, поз. б).

Кроме того, по мере движения мокрого концентрата в барабане его влажность изменяется, соответственно изменяется его сыпучесть и, как следствие, угол естественного откоса, который, в свою очередь, должен определять рациональные углы наклона как лопасти 1, так и лопаток 2 (см. рис. 2). Подбор оптимальных значений этих параметров внутренних устройств барабана для каждого конкретного флотационного концентрата обеспечивает существенную интенсификацию процесса сушки.

Руководство ОАО «МРУ» проявило практический интерес к выводам, сделанным по результатам аудита, в частности к предложенной модернизации барабанной сушилки, но, к сожалению, в связи с некоторыми обстоятельствами разработка оптимальной конструкции внутренних устройств данного аппарата не была проведена.

Эксплуатация барабанных сушилок, оснащенных насадками, модернизированными с учетом физических свойств конкретных флотационных концентратов, убедительно доказывает на практике перспективность и правильность этих технических решений. Так, на обогатительной фабрике ГОКа «Бор-Ундур» СО «Монголросцветмет» были совершенствованы насадки барабанной сушилки БН-2,8×14 [4].

Исследования с целью выбора внутренних устройств барабанной сушилки проводили в три этапа:

- I этап — изучение физических свойств влажного флюоритового концентрата;
- II этап — теоретическое обоснование насадки на определенные участки корпуса сушильного барабана в зависимости от свойств влажного концентрата;
- III этап — конструкторская разработка выбранной насадки.

Задачей исследования физических свойств флюоритового концентрата являлось определение характера движения материала переменной влажности. Проба концентрата была отобрана с трех дисковых вакуум-фильтров в течение одной смены. По гранулометрическому составу, влажности, физико-химическим свойствам он соответствовал концентрату, получаемому по существующей технологии. Изменение влажности пробы осуществляли методом подсушки на подовых печах.

Изучение прочности разрушаемости конгломератов, образованных слипшимися частицами концентрата, осуществляли сбрасыванием его с переменной высоты на перфорированную металлическую поверхность с отверстиями различного размера.

В результате исследований выявлены следующие закономерности.

1. Функция угла естественного откоса флотационного флюоритового концентрата от его влажности есть прямая зависимость. По мере снижения влажности от 14 до 1 % угол естественного откоса уменьшается с 41 до 21 град.

2. В перегретом состоянии (при температуре более 120 °С) у флотационного флюоритового концентрата появляется эффект «кипящего состояния», и угол естественного откоса снижается до 10 град.

3. Конгломерат (комки) флотационного флюоритового концентрата влажностью 13–14 % удерживается на перфорированной металлической поверхности с ячейкой размером до 65×65 мм. При дальнейшем увеличении размера ячейки конгломерат разрушается и проваливается.

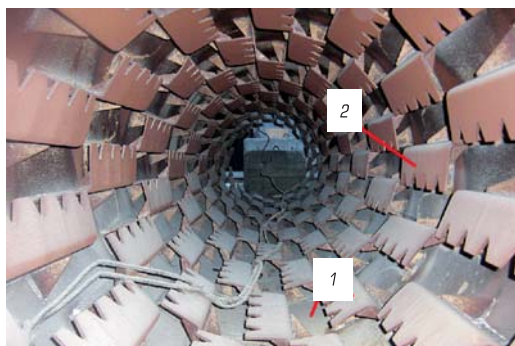


Рис. 1. Общий вид конструкции внутренних устройств барабанной сушилки БН 1,6-10НУ-01:
1 — корпус барабана; 2 — подъемно-транспортная зубчатая лопасть

4. С увеличением высоты падения комка концентрата и уменьшением размера ячейки поверхности эффективность разрушения повышается.

5. После разрушения конгломерата частиц концентрата при влажности до 14 % при его пересыпании на перфорированной поверхности вторичное образование комков не происходит.

На основании выявленных закономерностей была разработана следующая конструкция насадки барабанной сушилки БН-2,8×14:

- I зона длиной 1100 мм от места загрузки влажного концентрата — участок крепления лопастей винтового загрузчика, выполняющего функцию приемно-винтовой насадки;
- II зона длиной 1400 мм — участок размещения радиальных лопастей, перекрытых шестью полосами из металлической сетки с ячейкой 25×25 мм, закрепленных на лопастях под углом 63 град., с зазором между ними 150 мм, что обеспечивает максимальное разрыхление конгломератов;
- III зона длиной 3000 мм — участок размещения трехрядной профильной лопастной насадки с двумя лопатками (рис. 3), обеспечивающей равномерный сход материала с лопасти 1 в первой половине сечения барабана 2 за счет малой лопатки 3 с углом $\alpha = 135^\circ$ к основанию и во второй половине сечения барабана за счет большой лопатки 4 с углом $\beta = 105^\circ$ к основанию лопасти;
- IV зона длиной 4500 мм — участок стандартной секторной насадки;
- V зона длиной 3000 мм — участок стандартной секторной насадки с демонтированными лопастями с целью снижения пылеобразования;
- VI зона длиной 1000 мм — участок свободного от насадки корпуса барабанной сушилки.

Внедрение данной разработки на обогатительной фабрике ГОКа «Бор-Ундур» дало возможность увеличить производительность сушильного аппарата в 1,65 раза и снизить удельный расход топлива на сушку на 15 %. Годовой экономический эффект

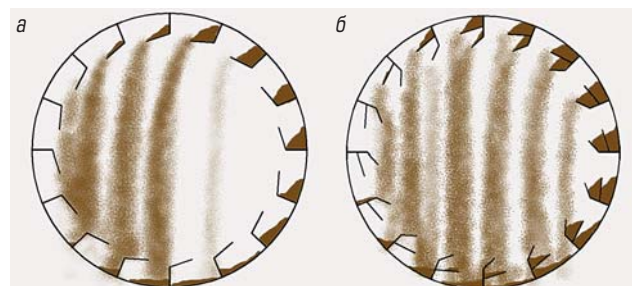


Рис. 2. Схема механизма раскрытия высушиваемого материала для теплообмена по поперечному сечению барабанной сушилки при применении лопастной насадки с одной лопаткой (а) и с двумя лопатками (б)

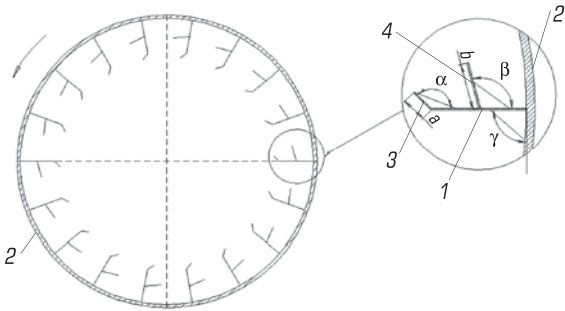


Рис. 3. Конструкция профильной лопастной насадки с двумя лопатками барабанной сушилки [5]

при постоянной работе двух сушильных цепочек составил 108 тыс. долл. США.

Актуальной становится модернизация барабанных сушилок на обогатительных фабриках, на которых выход флотационных концентратов составляет десятки процентов, поскольку энергетическая составляющая является существенной долей себестоимости продукции. В частности, на обогатительных фабриках АНОФ-2 и АНОФ-3 (ОАО «Апатит») при сушке апатитового и нефелинового концентратов потенциал энергосбережения оценивается в 10–20 %, или 9–18 тыс. т мазута в год, что составляет 70–140 млн руб. в год.

Кроме того, интенсификация процесса сушки путем оптимизации внутренних устройств сушилки с учетом физических

свойств конкретного флотационного концентрата увеличивает производительность сушилки, уменьшает унос концентрата на выходе из барабана, повышает срок службы оборудования.

Библиографический список

1. Справочник по обогащению руд. Специальные и вспомогательные процессы / под ред. О. С. Богданова, В. И. Ревнивцева. 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Недра, 1983. — 121 с.
2. Фридман С. Э., Щербаков О. К., Комлев А. М. Обезвоживание продуктов обогащения. — М. : Недра, 1988. — 163 с.
3. Технологический регламент производства полевошпатного и слюдяного концентратов ОАО «Малышевское рудоуправление». — Пос. Малышево, 2004.
4. Храмов А. Н. Интенсификация процесса сушки флотационных флюоритовых концентратов за счет реконструкции насадки барабанной сушилки // ГИАБ : МГГУ, 2009. С. 290–294.
5. Пат. 2444686 РФ, МКП F26B 11/06. Барабанная сушилка / А. Н. Храмов; заявл. 12.07.10; опубл. 10.03.12. Бюл. № 7. **ГЖ**

*Храмов Анатолий Николаевич,
Субботин Михаил Юрьевич:
тел.: +7(302-2)35-32-02
Хамьянов Владимир Петрович,
e-mail: dubkova@oaomru.ru
Кутлин Борис Алексеевич,
e-mail: rivs@rivs.ru*

"GORNYI ZHURNAL"/"MINING JOURNAL", 2014, № 11, pp. 88–90

Title	To the question of choice of internal design of tumble driers in the time of drying of flotation concentrates
Author 1	Name & Surname: Khramov A. N. Company: Transbaikal State University (Chita, Russia) Work Position: Assistant Professor Scientific Degree: Candidate of Engineering Sciences Contacts: phone: +7(302-2)35-32-02
Author 2	Name & Surname: Subbotin M. Yu. Company: Transbaikal State University (Chita, Russia) Work Position: Engineer
Author 3	Name & Surname: Khamianov V. P. Company: Malyshvsk Mine Group (Asbest, Russia) Work Position: Technical Director Contacts: e-mail: dubkova@oaomru.ru
Author 4	Name & Surname: Kutlin B. A. Company: RIVS-Proekt LLC (Saint-Petersburg, Russia) Work Position: General Director Scientific Degree: Doctor of Engineering Sciences Contacts: e-mail: rivs@rivs.ru
Abstract	Thermal drying of floatation concentrates is obligatory and very power-intensive operation in the technological scheme of enrichment of ores. Decrease in energy consumption and increase of efficiency of drying in drum driers is possible by studying and the accounting of physicochemical properties of a concrete floatation concentrate in the time of optimization of convective heat exchange between the thermal agent and a dried-up material due to improvement of internal devices of the dryer (nozzle). Purpose of a nozzle consists in disclosure of a surface of particles for heat exchange by material hashing, and its distribution on drum section. The management of JSC MRU had practical interest to the conclusions presented in the report, in particular modernizations of the drum dryer. The intensification of convective heat exchange in the course of drying of concentrates is reached by selection of a certain design of internal devices of drum driers according to change of a corner of a natural slope of a floatation concentrate in process of its movement on a drum for the purpose of creation of more dense and uniform veil on a way of movement of the drying agent. The approved profile bladed nozzle of the drum dryer with two shovels on each blade is result of researches of authors of article. Introduction of this design allows to increase significantly productivity of the dryer and to cut fuel consumption. Realization of actions for modernization of drum driers at concentrating factories, and also their production at manufacturers became today possible since there is a technical base, there is an algorithm and experience of carrying out researches. We wait for offers for cooperation from potential partners and clients.
Keywords	Thermal drying, convective heat transfer, cylinder drier, nozzles (internals), flotation concentrates, flowing properties.
References	1. Spravochnik po obogashcheniyu rud. Spetsialnye i vspomogatelnye protsessy (Ore concentration reference book. Special and supportive processes). Under the editorship of O. S. Bogdanov, V. I. Revnitshev. Second edition, revised and enlarged. Moscow : Nedra, 1983. 121 p. 2. Fridman S. E., Shcherbakov O. K., Komlev A. M. Obvezozhivanie produktov obogashcheniya (Dehydration of concentration products). Moscow : Nedra, 1988. 163 p. 3. Tekhnologicheskii reglament proizvodstva polevoшpatovogo i slyudyanogo kontsentratov Otkrytogo Aktsionernogo Obshchestva «Malyshvskoe rudoupravlenie» (Technological regulations of manufacturing of field spar and mica concentrates of JSC "Malyshveva Mine Department"). Malyshveva settlement, 2004. (in Russian). 4. Khramov A. N. Intensifikatsiya protsesssa sushki flotatsionnykh fluoritovykh kontsentratov za schet rekonstruktsii nasadki barabannoy sushilki (Intensification of drying process of flotation fluorite concentrates due to reconstruction of tumble dryer nozzles). Gornyy Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten = Mining Informational and Analytical Bulletin. 2009. pp. 290–294. 5. A. N. Khramov. Barabannaya sushilka (Tumble dryer). Patent RF, No. 2444686, IPC F26B 11/06. Applied: July 12, 2010. Published: March 10, 2012. Bulletin No. 7.