

УДК 622.74:621.928

Запара Е.С., канд. техн. наук, доцент,
Кухарь В.Ю., канд. техн. наук, доцент
(ГВУЗ «НГУ»)

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ ГРОХОТА С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВИБРАЦИОННЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ СИТА ДЛЯ КАРБИДА ТИТАНА

Запара Е.С., канд. техн. наук, доцент,
Кухарь В.Ю., канд. техн. наук, доцент
(ДВНЗ «НГУ»)

ROZROBKA TA VIPROBUVANНЯ ГРОХОТА З БЕЗПОСЕРЕДНІМ ВІБРАЦІЙНИМ ЗБУДЖЕННЯМ СИТА ДЛЯ КАРБІДУ ТИТАНА

Zapara I.S., Ph.D. (Tech), Associate Professor
Kukhar V.Y., Ph.D. (Tech), Associate Professor
(SHEI «NMU»)

DEVELOPMENT AND TESTING OF SCREEN WITH DIRECT VIBRATIVE EXCITATION OF SIEVE FOR TITANIUM CARBIDE

Аннотация. В статье описаны трудности тонкой классификации по крупности карбида титана, полученного методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Особенности производства требуют оперативно изменять границу разделения в диапазоне от 60 до 630 мкм. Для решения поставленной задачи предложено использовать грохот с непосредственным вибрационным возбуждением сита. Описана конструкция разработанного и изготовленного аппарата во взрывозащищенном исполнении с площадью рабочей поверхности 0,28 м². Приведены результаты исследовательских испытаний грохота, которые позволили настроить его конструктивные элементы на рациональный режим работы. Показано, что применение делителей потока и усовершенствованное уплотнение рабочей поверхности позволяют поднять эффективность разделения карбида титана по границе 71 мкм свыше 93 % и снизить засорение надрешетного продукта нижним классом до 16 % при минимальном засорении подрешетного продукта верхним классом. В дальнейшем необходимо исследовать влияние производительности грохота по питанию на кривые разделения и эффективность грохочения.

Ключевые слова: грохот с непосредственным вибрационным возбуждением сита, делители потока, карбид титана, эффективность разделения, засорение надрешетного продукта нижним классом.

Введение

Технология производства карбида титана и других материалов на его основе методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, предполагает операции мокрого грохочения губчатого титана и сухого грохочения конечного продукта синтеза. Гранулометрический состав используемых порошков титана составляет от 60 до 630 мкм, насыпная плотность 900-1200 кг/м³.

Титановый порошок крупностью до 180 мкм в сухом виде взрывоопасен, температура самовоспламенения 600⁰С, нижний концентрационный предел воспламенения 60 г/м³. Высокие требования к качеству грохочения конечного продукта сводятся к точности его разделения по классам крупности и, в частности, недопустимости засорения подрешетного продукта надрешетным. Трудность разделения определяется ершистостью формы частиц, их абразивностью, низкой плотностью материала и, соответственно, малым весом частиц.

Задачи работы:

1. Обосновать конструкцию грохота для тонкого разделения титаносодержащих материалов, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.
2. Выполнить настройку и доводку элементов конструкции грохота для тонкого разделения карбида титана.

Концептуально для выполнения *первой задачи* принят вибрационный грохот с непосредственным возбуждением сита. Эти аппараты при тонком грохочении отличаются высокой удельной производительностью, отсутствием передачи вибрации на фундамент и облегченными конструктивными решениями по герметизации машины от пылевыделения. Поэтому с учетом опыта разработки грохотов [1, 2, 3] и жестких требований техники безопасности разработан и изготовлен грохот с непосредственным вибрационным возбуждением сита (рис. 1).

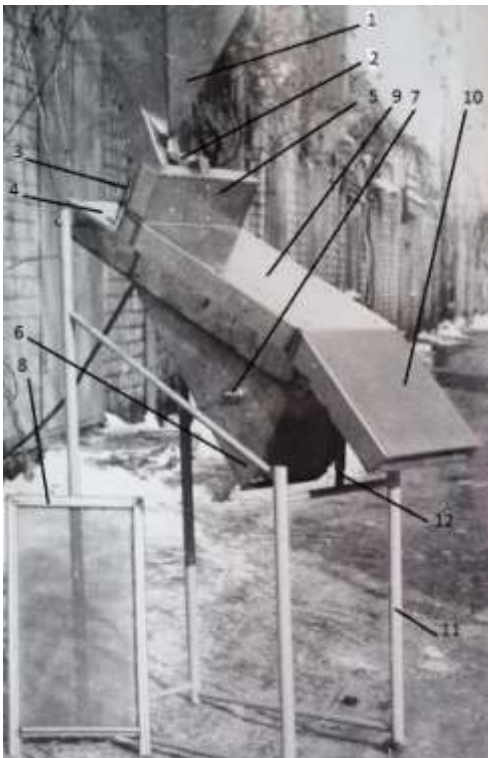


Рисунок 1 – Грохот с непосредственным вибрационным возбуждением сита

Его конструкция отличается использованием в качестве привода электродвигателя во взрывозащищенном исполнении, так как традиционных для этих машин электромагнитных вибровозбудителей во взрывозащищенном исполнении не выпускается.

Производство материалов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза не является крупнотоннажным, при котором требуется обеспечить возможность быстрой перенастройки грохота с одной крупности разделения на другую. Поэтому грохот снабжен бункером для исходного продукта 1 и питателем 2. Лоток питателя приводится в колебательное движение при помощи регулируемого эксцентрикового механизма 3, отводящего часть мощности от двигателя. Грохот содержит несущую раму 4, снизу которой установлен электродвигатель и кулачковый вал на салинг-блоковых опорах.

Кулачковый вал соединен с электродвигателем эксцентриковым механизмом. Сверху на раме смонтированы: указанные бункер с питателем, делитель потока исходного продукта 5, разгрузочный патрубок для подрешетного продукта 6 и заборный патрубок системы пылеулавливания 7. Делитель потока сконструирован для повышения эффективности процесса тонкого грохочения путем равномерного распределения материала по всей ширине сита. На раме предусмотрены посадочные поверхности и фиксаторы для крепления подситника с ситом 8 и крышки грохота 9. На крышке грохота смонтировано уплотнение верхней поверхности сита и разгрузочный патрубок для надрешетного продукта 10. Несущая рама установлена на опорную металлоконструкцию 11, содержащую механизм регулирования угла наклона грохота к горизонту 12.

По требованиям заказчика грохот за исключением опорной металлоконструкции полностью изготовлен из нержавеющей стали. Он снабжен необходимым по технологии рядом взаимозаменяемых подситников с ячейками сит от 75 до 630 мкм. Площадь их активной просеивающей поверхности составляет 0,28 м². Конструкция грохота и способ закрепления подситников таковы, что позволяют заменять их в течение двух минут и, соответственно, переходить на другую крупность разделения.

Настройку грохота на работу необходимо проводить в следующем порядке. Устанавливают подситник с заданной крупностью сетки и соответствующий угол наклона грохота. Регулированием высоты расположения бункера исходного продукта и угла наклона питателя задают рациональный расход материала, определяемый его свойствами и крупностью разделения. Затем настраивают делители потока таким образом, чтобы они распределили основной поток на четыре равные части равномерно по ширине сита и начинают технологический процесс.

Наибольшую трудность в части грохочения на данном производстве представляет разделение карбида титана класса минус 100 мкм на два продукта по границе 71 мкм. Поэтому для решения второй задачи проведены соответствующие исследовательские испытания грохота, настройка и доводка его элементов. В качестве просеивающей поверхности использовано капроновое сито с ячейкой 75 мкм, уложенное на натянутое по периметру нержавеющей сито с размером ячеек 200 мкм, к которому посредством толкателей, расположенных под ситом, передавались синусоидальные колебания. С учетом опыта тонкого грохочения [1,2] принят наиболее рациональный для данного типа аппаратов угол наклона грохота к горизонту - 300.

Испытания грохота проведены по следующей методике. Карбид титана класса минус 100 мкм загружался в бункер. С учетом результатов предварительных экспериментов питатель настроили на производительность 17,3 кг/ч, при которой процесс грохочения идет заведомо эффективно. Затем заново включали грохот. Процесс проводили в течение ровно одной минуты.

Все полученное количество надрешетного и подрешетного продуктов подлежало рассеву для определения их гранулометрического состава. Для этого использовали анализатор фирмы «Frich», аналитические весы T1000 и гири Г4-1011-10. Рассев произведен с использованием поддона и сит, имеющих размеры ячеек 0,1; 0,08; 0,071; 0,05; 0,04; 0,025 мм. Состав исходного материала определяли путем пофракционного сложения количеств надрешетного и подрешетного продуктов.

Эффективность грохочения определялась непосредственно по отношению количества материала нижнего класса, который попадал в подрешетный продукт, к количеству материала нижнего класса, имевшегося в исходном материале при данном опыте. Засорения надрешетного продукта нижним и подрешетного верхним классами определялись долями содержания нижнего класса в надрешетном и верхнего класса подрешетном продуктах, соответственно. Все показатели качества грохочения определялись в процентах.

Первая серия исследовательских испытаний была направлена на оценку эффективности и настройку впервые разработанных для грохота делителей потока. Результаты определения гранулометрического состава исходного материала, надрешетного и подрешетного продуктов при грохочении со снятыми делителями потока и с лучшим вариантом их настройки приведены графически на рис. 2.

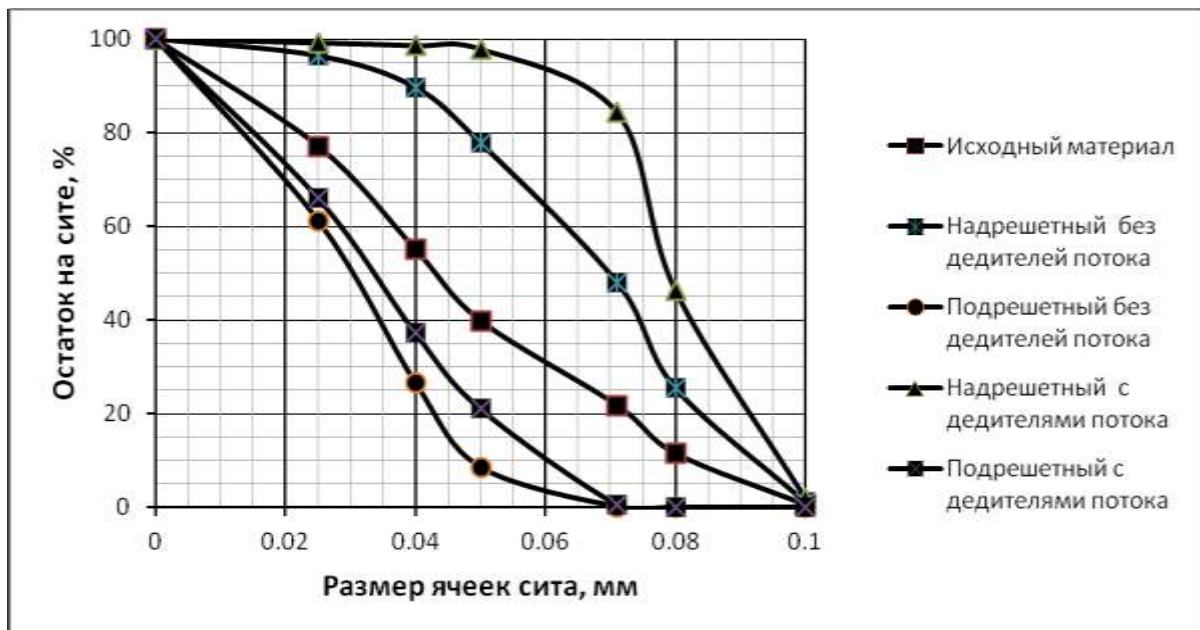


Рисунок 2 – Кривые суммарных характеристик крупности материала и продуктов разделения при снятых и установленных делителях потока

Вторая серия исследовательских испытаний была направлена на отработку конструкции и жесткости уплотнения просеивающей поверхности от пыления и перелета частиц, движущихся по сетке через прижимной прутки. Чрезмерная жесткость уплотнения, установленного на внутренней поверхности крышки и прилегающего по периметру сетки за исключением нижней разгрузочной

стороны, существенно гасило и без того малую амплитуду ее колебаний на краях. Это приводит к снижению показателей качества грохочения. Результаты анализов гранулометрического состава исходного материала и продуктов грохочения с первоначальной и окончательной конструкциями уплотнения при уже настроенных делителях потока приведены графически на рисунке 3.

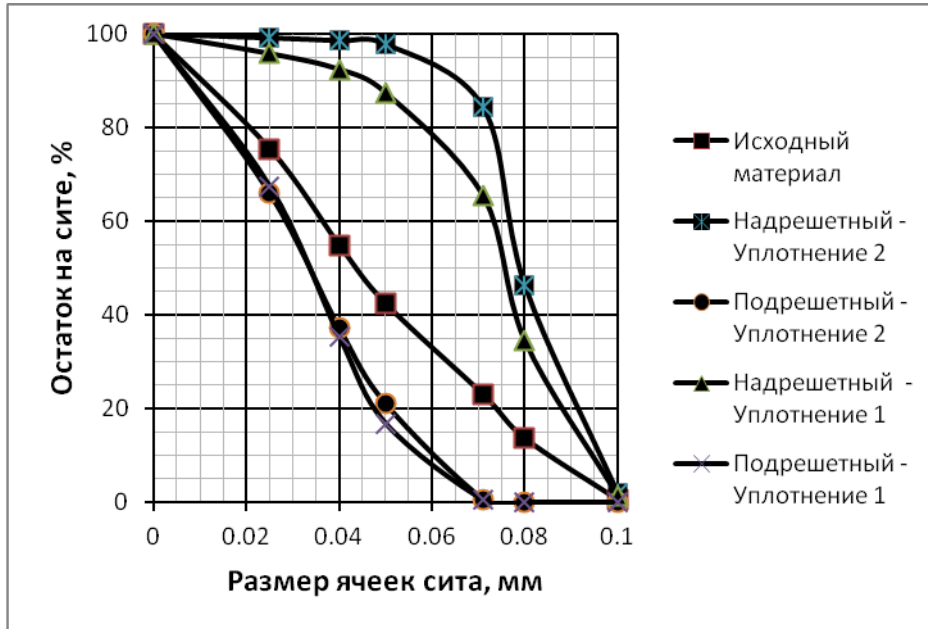


Рисунок 3 – Кривые суммарных характеристик крупности материала и продуктов разделения при первоначальном и окончательном вариантах конструкции уплотнения и с рационально настроенными делителями потока

Показатели качества работы грохота при наличии и без делителей потока приведены в соответствующих колонках таблицы 1. Полученные данные подтверждают эффективность этих устройств. Результаты испытаний грохота с первоначальной и окончательной конструкциями уплотнения при уже настроенных делителях потока приведены в колонках 3 и 4 таблицы.

Таблица – 1 Показатели качества работы грохота при доработке конструкции его элементов

Показатель качества грохочения	Без делителей потока и без уплотнения сита	С делителями потока и жестким уплотнением сита №1	С делителями потока и доведенным уплотнением сита №2
Эффективность грохочения, %	70,0	83,5	93,5
Засорение надрешетного продукта нижним классом, %	51,9	34,6	15,7
Засорение подрешетного продукта верхним классом, %	0,13	0,52	0,70

Следует отметить, что засорение подрешетного продукта верхним классом складывается из частиц больших, чем граница разделения (71 мкм) и меньших размера ячейки сита (75 мкм). Наибольшее значение этого негативного

показателя при наилучших настройках конструктивных элементов грохота объясняются лучшими условиями для прохождения под сито всех частиц крупностью до 75 мкм, содержащихся в исходном материале.

Выводы

1. Разработанная конструкция грохота обеспечивает эффективность грохочения карбида титана по границе разделения 71 мкм свыше 83 %.
2. Использование делителей потока позволяет равномерно распределить материал по всей поверхности сита и, соответственно, повысить эффективность грохочения до 93,5 %.
3. В дальнейшем необходимо исследовать влияние производительности грохота по питанию на кривые разделения и эффективность грохочения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надутый, В.П. Обоснование конструкции вибрационного грохота и его параметров для получения мелкой и тонкой фракции горной массы / Надутый В.П., Шамурдова А.О. // Потураевські читання: Матеріали XIII Всеукр. наук.-практ конф. 20-21 січня 2015. – С.19-20.
2. Надутый, В.П. Теоретическая оценка механизма классификации тонких магнитовосприимчивых материалов / Надутый В.П., Челышкина В.В., Сухарев В.В. // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: зб. наук. праць. Серія «Хімія, хімічна технологія та екологія» у 2-х частинах. Ч.1. – Харків: НТУ «ХІН», 2014 - № 53(1095). – С. 75-84.
3. Nadutyi, V.P. Determination of stress condition of vibrating feeder for ore drawing from the block under impact loads / V.P.Nadutyi, D.V. Sukharev, D.V. Belyushyn / Metallurgical and Mining Industry. – Dnepropetrovsk, 2013 - № 1(280). - S. 60-62.

REFERENCES

1. Nadutyi, V.P. and Shamuradova A.O. (2015), «Ground of construction of vibration crash and his parameters for the receipt of shallow and thin faction of mining mass», *Poturaevski chitannya: Materialy 13 Vseukr. nauk.-prakt konf. 20-21 sichnya 2015* [Poturaevski chitannya. Materials of XIII All-Ukrainian Science-practical Conference. 20-21 January 2015], Dnepropetrovsk, UA.
2. Nadutyi, V.P., Chelyishkina, V.V. and Sukharev, V.V. (2014), «Theoretical estimation mechanism of classification of thin magnet-receptive materials», *Visnik Natsionalnogo tehnicnogo universitetu «Harkivskiy politehnicniy Institut»: Zb. nauk. prats. SerIya «Khimiya, khimichna tekhnologiya ta ekologiya» u 2-h chastinah. Ch.1.* [Announcer of the National technical university «Kharkov polytechnic institute»: manual of sciences. labours. Series «Chemistry, chemical technology and ecology» in 2th parts. Part 1], Kharkiv, UA.
3. Nadutyi, V.P., Sukharev, D.V. and Belyushyn D.V. (2013), «Determination of stress condition of vibrating feeder for ore drawing from the block under impact loads», *Metallurgical and Mining Industry*, no. 1(280), pp. 60-62.

Об авторах

Запара Евгений Семенович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры горных машин и инжиниринга, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепр, Украина, zaparaec@ua.fm.

Кухарь Виктор Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры горных машин и инжиниринга, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепр, Украина, viktor.kuhar.66@gmail.com.

About the authors

Zapara Ievgeniy Semenovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor, Associate Professor in the Department of Mining Machines and Engineering, The State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI “NMU”), Dnepr, Ukraine, zaparaec@ua.fm.

Kukhar Viktor Juryevich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor, Associate Professor of Department of Mining Machines and Engineering, The State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI “NMU”), Dnepr, Ukraine, viktor.kuhar.66@gmail.com.

Анотація. У статті описані труднощі тонкої класифікації по крупності карбїду титану, отриманого методом високотемпературного синтезу, що самостійно розповсюджується. Особливості виробництва вимагають оперативно змінювати межу поділу в діапазоні від 60 до 630 мкм. Для вирішення поставленого завдання запропоновано використати грохот з безпосереднім вібраційним збудженням сита. Описана конструкція розробленого і виготовленого апарату у вибухозахищеному виконанні з площею робочої поверхні 0,28 м². Наведено результати досліджень випробувань гуркоти, які дозволили налаштувати його конструктивні елементи на раціональний режим роботи. Показано, що застосування подільників потоку і вдосконалене ущільнення робочої поверхні дозволяють підняти ефективність поділу карбїду титану по межі 71 мкм понад 93% і знизити засмічення надрешетного продукту нижнім класом до 16% при мінімальному засміченні подрешетного продукту верхнім класом. Надалі необхідно досліджувати вплив продуктивності грохоту по подачі вихідного матеріалу на криві розподілу і ефективність грохочення.

Ключові слова: грохот з безпосереднім вібраційним збудженням сита, подільники потоку, карбїд титану, ефективність розділення, засмічення надрешетного продукту нижнім класом.

Annotation. The article describes difficulties of fine classification by the size of titanium carbide obtained by method of self-expanding high-temperature synthesis. Specificities of the production require operative changing of separation boundary in the range from 60 μm to 630 μm. To solve this problem, it was proposed to use a screen with direct vibrational excitation of the sieve. Design of the developed and manufactured apparatus in explosion-proof version with a working surface area of 0.28 m² is described. Results of the research tests of the screen are presented, which allow adjusting the screen structural elements to the rational operating mode. It is shown that use of the flow dividers and advanced gaskets of the working surface makes it possible to improve by 93% efficiency of titanium carbide separation by boundary 71 μm and to reduce by 16% oversize clogging by lower class at minimum undersize clogging by the upper class. In the future, it is necessary to investigate by-feeding effect of screen performance on division curves and screening efficiency.

Key words: screen with direct vibrational excitation of sieve, flow dividers, titanium carbide, division efficiency, clogging of oversize by the lower class.

Стаття поступила в редакцію 25.11.2017

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Б.А. Блюссом