

Д. т. н. С. Я. Давыдов¹ (✉), д. х. н. Р. А. Апакашев¹, А. А. Михалицин²,
О. В. Михалицина², к. т. н. А. В. Катаев³

¹ ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»,
г. Екатеринбург, Россия

² ОАО «Южноуральский завод «Кристалл», г. Южноуральск, Россия

³ ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет»,
г. Екатеринбург, Россия

УДК 69.059.168.2:[66.046.8:548.5

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ АВТОКЛАВОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО КВАРЦА

Проведены опытные работы по разрушению образца побочного продукта автоклавного производства искусственных кристаллов кварца на экспериментальной пескоструйной установке. Указаны схема и параметры установки.

Ключевые слова: *синтетический кварц, побочный продукт автоклавного производства (ППАП), абразивный порошок, пескоструйная обработка, сопловой эжектор.*

Предприятие ОАО «Южноуральский завод «Кристалл» является крупнейшим в мире производителем кварца в России, на его долю приходится до 25 % мирового объема производства искусственных кристаллов кварца. Материальная база Южноуральского завода «Кристалл» — 125 автоклавов объемом от 1,0 до 7,4 м³, в которых при давлении до 1200 ат и температуре до 400 °С получают чистые хрустальные капли, более 80 станков многолезвийной резки, полная обеспеченность затравочными пластинами собственного производства, оснащенные испытательные лаборатории для анализа материалов и испытаний конечного продукта (рис. 1) [1]. При производстве синтетических кристаллов кварца в нижней полости автоклавов образуется нарост побочного продукта (рис. 2) — трудно и долго (несколько часов) извлекаемого прочного монолитного материала с полной молочной непрозрачностью. Исследования этого побочного продукта показали, что он может разрушаться (измельчаться) от механического воздействия без заметной пластической деформации [2, 3].

Аттестацию фазового и химического составов побочного продукта автоклавного производства (ППАП) искусственных кристаллов кварца проводили с применением растрового электронного микроскопа JEOL, оборудованного пристав-



Рис. 1. Автоклавы Южноуральского завода «Кристалл»

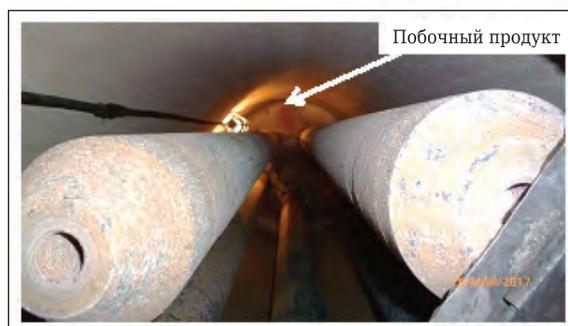


Рис. 2. Внутренняя полость автоклава



С. Я. Давыдов
E-mail: davidovtrans@mail.ru

кой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа (система Analysis Station JED-2300). Для исключения неточности оценки химического состава аттестуемого материала за счет внесения примесей и/или окисления кислородом воздуха исследовали поверхность свежих сколов исходных массивных образцов ППАП. Установлено, что ППАП имеет гомогенную структуру и однородный химический состав и содержит Si (62,31 мас. %), O (36,53 мас. %) и Al (1,16 мас. %). Результаты рентгеновского энергодисперсионного анализа показали, что исследуемый материал представляет собой синтетический алюмосиликат с высоким содержанием (97,88 мас. %) оксида кремния (II).

В настоящей работе исследовали разрушение монолитных образцов ППАП с применением экспериментальной пескоструйной установки (рис. 3). В процессе ее работы подачу абразивного материала на удаляемый слой ППАП осуществляли сжатым воздухом с помощью соплового эжектора. При этом использовали мягкий «абразивный» порошок (крупность 0,5–2 мм), полученный из купершлака, который не вызывает абразивной эрозии металлических поверхностей. Купершлак и никельшлак — абразивные порошки, получаемые в результате переработки шлаков меде- и никелеплавильного производства. В отличие от песка они содержат менее 1 % кварца в свободной форме (см. таблицу) и могут применяться для открытой пескоструйной очистки. Порошки обладают более высокими, чем песок, абразивной способностью, твердостью, динамической прочностью частиц и вследствие этого более низким пылеобразованием

и возможностью повторного использования. Плотность частиц купершлака и никельшлака выше, чем у песка, соответственно, выше и масса частиц, что еще в большей степени увеличивает эффективность этих абразивов (https://xn----8sbcejdaf0adk1bgfccbbgxicy0aj.xn--p1ai/vybor_abraziva).

Параметры экспериментальной установки: диаметр сопла 5 мм, давление сжатого воздуха 3,5 ат, расход воздуха 2,5 м³/мин. Размеры выработки в образце: диаметр (средний) 32 мм, глубина 70 мм, время обработки 1 мин, расход порошка 1 кг/мин. Пересчет на опытную установку для производственных испытаний на Южноуральском заводе «Кристалл» (3 варианта) следующий: диаметр пятна очистки 1000 мм, толщина пятна очистки 100 мм, объем выработки 78540 см³. Вариант № 1: диаметр сопла 10 мм, давление сжатого воздуха 4,5 ат, расход воздуха 12,5 м³/мин, расход порошка 5 кг/мин, время обработки 82 мин. Вариант № 2: диаметр сопла 9 мм, давление сжатого воздуха 4,5 ат, расход воздуха 10 м³/мин, расход порошка 4 кг/мин, время обработки 113 мин. Вариант № 3: диаметр сопла 8 мм, давление сжатого воздуха 4,5 ат, расход воздуха 8 м³/мин, расход порошка 3 кг/мин, время обработки 160 мин.

В процессе очистки автоклава одновременно должна осуществляться аспирация полости автоклава — вывод вытесняемого и отработанного воздуха вместе с частицами пыли, а после очистки со дна автоклава с помощью вакуумного пневмотранспорта должны удаляться измельченный нарост ППАП и отработанный порошок. Отработанный воздух должен очищаться в циклоне и рукавном фильтре. Поэтому в узел очистки отра-

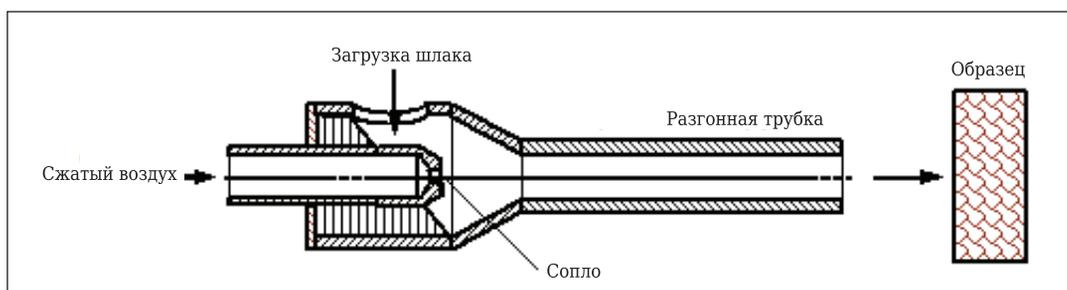


Рис. 3. Схема экспериментальной установки — эжектора струйной мельницы

Сравнение показателей абразивов для пескоструйной очистки*

Показатели	Кварцевый песок	Купершлак, никельшлак	Стеклошная дробь
Твердость по Моосу	5–7	6–7	6
Абразивная способность	Низкая	Средняя	Средняя
Хрупкость	Высокая	Высокая	»
Пылеобразование	Очень высокое	Высокое	»
Кварц в свободной форме, %	>1	<1	>1
Средний расход абразива, кг, на очистку 1 м ² поверхности до степени ее подготовки Sa 2,5	60–110	30–75	—
Скорость очистки	Низкая	Средняя	Средняя
Себестоимость очистки	Высокая	»	Низкая

* Подача материала на удаляемый слой нароста ППАП осуществляется сжатым воздухом с помощью соплового эжектора.

ботанного воздуха вакуумного пневмотранспорта входят циклон и рукавный фильтр с бункером. Таким образом, принцип работы системы очистки включает пескоструйную обработку внутренней поверхности автоклава для удаления наростов и их удаление [4], параллельно аспирацию полости автоклава, удаление измельченного нароста и отработанного порошка с помощью вакуумного пневмотранспорта, очистку отработанного воздуха в циклоне и рукавном фильтре (возможно, использование системы аспирации цеха). Состав системы очистки (в максимальной комплектации):

- сопловой эжектор для пескоструйной обработки;
- узел питания эжектора очищающим порошком;
- узел аспирации полости автоклава во время очистки;
- узел вакуумного пневмоудаления из автоклава отработанного порошка и продукта очистки;
- узел очистки отработанного воздуха вакуумного пневмотранспорта, включающий циклон и рукавный фильтр с бункером;
- воздуходувный агрегат, включающий компрессор и вытяжной вентилятор (воздуходув-

ку). При использовании сетей предприятия для снабжения системы очистки сжатым воздухом и создания вакуума этот агрегат не требуется; при этом система подключается к сетям предприятия.

Все узлы и агрегаты системы очистки являются мобильными, имеют незначительные габариты, для соединения применяются гибкие трубопроводы.

Таким образом, для производственных испытаний на Южноуральском заводе «Кристалл» предлагается выполнение следующих работ:

- выбор оптимальных параметров работы соплового эжектора и вакуумного пневмотранспорта: расхода сжатого воздуха соплового устройства, расхода воздуха для вакуумного удаления продуктов очистки;
- разработка конструкции опытного мобильного устройства очистки;
- курирование изготовления и монтажа опытного устройства очистки;
- испытания опытного устройства очистки автоклавов на предприятии заказчика;
- разработка рекомендаций по доводке опытного устройства для промышленного использования.

Библиографический список

1. Китайцы спасли крупнейшего производителя кварца в России. <https://chel.dk.ru/news/krupneyshiy-proizvoditel-kvartsa-v-rossii-otkazalsya-ot-idei-importozamesheniya-236941531>.
2. **Давыдов, С. Я.** Использование вторичного материала кварцевого производства для термозащитного покрытия / С. Я. Давыдов, Р. А. Апакашев, Н. Г. Валиев, А. А. Михалицин, О. В. Михалицина // Новые огнеупоры. — 2018. — № 4. — С. 89–91.
3. **Глазырин, С. А.** Теплоизолирующее огнезащитное покрытие : тез. докл. Междунар. конф. огнеупорщиков и металлургов (6–7 апреля 2017 г, Москва) / С. А.

Глазырин, Р. А. Апакашев, Н. Г. Валиев [и др.] // Новые огнеупоры. — 2017. — № 3. — С. 39.

4. **Давыдов, С. Я.** Пневматическая система очистки автоклавов для выращивания синтетического кварца : тез. докл. Междунар. конф. огнеупорщиков и металлургов (16–17 мая 2019 г., Москва) / С. Я. Давыдов, А. А. Михалицин, О. В. Михалицина, А. В. Катаев // Новые огнеупоры. — 2019. — № 5. — С. 27. ■

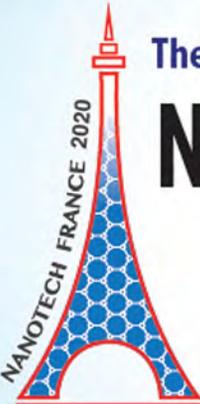
Получено 15.11.19

© С. Я. Давыдов, Р. А. Апакашев, А. А. Михалицин, О. В. Михалицина, А. В. Катаев, 2020 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Международная конференция и выставка «Нанотехнологии Франции»

24–26 июня 2020 г. Париж, Франция



The International Nanotech & Nanoscience Conference & Exhibition

NANOTECH FRANCE 2020

24 - 26 June 2020 | Paris, France

Nanotechnology for a better world

www.setcor.org/conferences