

УДК 681.5

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
ДРОБЛЕНИЯ КАРБИДА КРЕМНИЯ В ГАЗОСТРУЙНОЙ МЕЛЬНИЦЕ**

**Ботманов Е.А.,**

*студент,*

*Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ,*

*Россия, г.Волжский*

**Медведева Л.И.**

*кандидат технических наук, доцент,*

*Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ,*

*Россия, г.Волжский*

**Аннотация**

В статье рассмотрен технологический процесс дробления карбида кремния в газоструйной мельнице, предложены средства автоматизации для данного технологического процесса с учетом характера технологического процесса. Современные средства автоматизации вместе с программируемым логическим контроллером Panel-PC21-I позволят улучшить качество и эффективность технологического процесса дробления карбида кремния, за счет быстрого отклика и своевременного внесения регулирующего воздействия. Предложенную информацию рекомендуется использовать для составления технической документации на проект: схема автоматизации функциональная, схема внешних соединений, схема электрическая принципиальная шкафа управления, шкафы КИПиА и структурная схема АСУ ТП.

**Ключевые слова:** автоматизация, карбид кремния, дробление абразива, технические средства автоматизации, контроллер

***AUTOMATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF CRUSHING  
SILICON CARBIDE IN A GAS JET MILL***

***Botmanov E.A.,***

*Student,*

*Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of Volgograd State Technical University,  
Russia, Volzhsky*

***Medvedeva L.I.,***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*

*Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of Volgograd State Technical University,  
Russia, Volzhsky*

**Annotation**

The article describes the technological process of crushing silicon carbide in a gas jet mill, automation tools for this technological process are proposed, taking into account the nature of the technological process. Modern automation tools together with the programmable logic controller Panel-PC 21-I will improve the quality and efficiency of the technological process of crushing silicon carbide, due to the rapid response and timely introduction of regulatory action. The proposed information is recommended to be used for drawing up technical documentation for the project: functional automation scheme, external connection scheme, electrical schematic diagram of the control cabinet, instrumentation cabinets and a block diagram of the automated control system.

**Keywords:** automation, silicon carbide, abrasive crushing, automation equipment, controller

Карбид кремния очень востребован на современном рынке. Его используют в машиностроении, металлургии, химическом аппаратостроении, в военной, космической и других отраслях промышленности. Для использования Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ ЭЛ № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

в производстве карбид кремния должен соответствовать определенной зернистостью, поэтому карбид кремния измельчают и классифицируют. В большинстве случаев гранулометрический состав карбида кремния должен соответствовать ГОСТ Р 52381-2005, поэтому важно, чтобы процесс измельчения был автоматизирован.

Для дробления карбида кремния используется газоструйная мельница, в которой нет подвижных частей, а сам процесс дробления происходит с помощью воздуха и соударения частиц карбида кремния друг об друга.

Сырьё в виде крупных кусков карбида кремния поступает в нижнюю часть сепаратора с помощью пневмотранспорта, далее по рукавам поступает в разгонные трубки. Для ускорения частиц в мельницу поступает горючая смесь из природного газа и воздуха, которая в результате горения создает температуру в 500-600 °С, в результате чего частицы карбида кремния движутся со скоростью до 200 м/с. Материал измельчается и вместе с дымовыми газами поступает в бункер, где разделяется на крупную и мелкую фракции. Крупная фракция поступает на повторное дробление, а мелкая поступает в классификатор, где достигается необходимый гранулометрический состав порошка [8].

В результате анализа технологического процесса и опираясь на научный опыт таких специалистов, как И.А. Лисовцов И.А. [6], А.И. Иванников, Э.М. Кольцова [1], А.А. Силаева, А.С. Валенева [7] и др. были выявлены технологические параметры, которые необходимо регулировать и контролировать. К ним относятся температура в газоструйной мельнице, давление сжатого воздуха, соотношение расхода газ-воздух, давление в газоструйной мельнице, расход воздуха и газа, давление в камере горения горелок, наличие пламени на горелках.

Для того чтобы процесс дробления карбида кремния проходил качественно и эффективно, необходимо подобрать современные технические средства автоматизации.

Существует широкий ассортимент технических средств измерения, поэтому важно использовать приборы с подходящим классом точности, методом и диапазоном измерения.

Ниже представлены предлагаемые для автоматизации технологического процесса дробления карбида кремния технические средства автоматизации (табл. 1).

Таблица 1 – Технические средства автоматизации для процесса дробления карбида кремния

Параметр	Наименование	Технические характеристики
Расход	ЭЛЕМЕР РВExd-T350-6.3-50	Измеряемая среда: газ, пар Погрешность: $\pm 2\%$ Выходной сигнал: 4...20 мА Принцип измерения: вихревой Диапазон измерения: 17...530 м <sup>3</sup> /ч; Рабочая температура: -40...+350°C [5]
Температура	ЭЛЕМЕР ТП-0395Ex-ХК-	Погрешность: 0,2% НСХ: ХК(L) Выходной сигнал: 4...20 мА Принцип измерения: термоЭДС Диапазон измерения: - 40 ... + 600 °С [5]
Давление	ЭЛЕМЕР-100Ex-ДИ-1160-015-42-0,25-У2	Погрешность: $\pm 0,15\%$ Выходной сигнал: 4...20 мА Принцип измерения: тензометрический Диапазон измерения: 0.1 ...6 Мпа [5]
Запально-защитное устройство	Датчик наличия пламени ПРОМА ФД-02	Принцип измерения: ультрафиолетовый Рабочий диапазон: <310 λ, нм Выходной сигнал: 24В [3]
	Блок розжига ИВН-ТР	Выходное напряжение: 8-12 кВ Номинальный вторичный ток: 30 мА Относительная продолжительность включения: 25% [3]
	Сигнализатор пламени ЛУЧ-КЭ	Количество каналов контроля: 1 Время срабатывания: до 2 с Напряжение питания: 220 В Максимальная потребляемая мощность: 22Вт [3]
	Электрозапальник ЭЗГ	Тепловая мощность: до 80 кВт Рабочее давления газа: до 250 кПа Длина факела: не менее 0.8 м [3]
	Электромагнитный клапан ПРОМА ВН1/2Н-4/6(DN50)	Среда использования: природные газы Номинальная потребляемая мощность: 25 Вт Рабочее давление: 0.4 МПа Напряжение питания: 220 В [3]

Коммутирующие устройства	Преобразователь частоты KIPPRIBOR AFD-E750.43B	Входное напряжение: 3-фазы 380-480В Частота: 50/60 Гц $\pm 5\%$ Мощность легкая/тяжелая нагрузка: 132 кВт [4] Номинальный выходной ток: 260 А
	Промежуточное реле KIPPRIBOR RS-303.DL	Напряжение питания: 24 В Максимальный ток: 10 А Напряжение коммутации: 5...220 В Время коммутации: 20 мс [4]
Исполнительный механизм	SAUTER AVM234S	Исполнение: общепромышленное Мощность: 10 Вт Ход штока: 0...49 мм Питание: 24В Входной сигнал: 0/2...10 В или 0/4...20 мА [4]
ПЛК	Panel-PC21-I	Производитель: RealLab Языки программирования: CoDeSys 3.5 (шесть языков МЭК 61131-3), а также на C++, Visual Basic, C# Экран: сенсорный 21 дюйм Процессор: Intel Core-i3 9100T Интерфейсы: RS-485, Ethernet [2]
Модули ввода-вывода	NLS	Производитель: RealLab Поддерживаемые интерфейсы: RS-485 Входные и выходные сигналы: 0 -20 мА, 4-20 мА, 0-5 В, $\pm 10$ В, $\pm 150$ мВ, $\pm 500$ мВ, $\pm 5$ В, $\pm 10$ В, $\pm 20$ мА [2]

Таким образом, рассмотрен процесс дробления карбида кремния в газоструйной мельнице. Проведен анализ технических средств автоматизации и выбраны подходящие приборы для данного технологического процесса. Современные технические средства автоматизации позволят четко управлять технологическим процессом, контролируя значения каждого параметра и передавать своевременно информацию на контроллер и оператору. Тем самым будет поддерживаться оптимальный режим регулирования важных технологических параметров. Дополнительно предлагаемые технические средства автоматизации повысят качество технологического процесса, так как повысят точность отслеживаемых и передаваемых технологических параметров.

Описанные средства автоматизации предлагается использовать для составления технической документации на проект: схема автоматизации функциональная, схема внешних соединений, схема электрическая

принципиальная шкафа управления, шкафы КИПиА и структурная схема АСУ ТП.

### Библиографический список:

1. Иванников А.И., Кольцова Э.М. Расчёт устойчивого к дроблению размера частиц при дроблении карбида кремния с добавками // Успехи в химии и химической технологии. 2019. №11 (221). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschyot-ustoychivogo-k-drobleniyu-razmera-chastits-pri-droblenii-karbida-kremniya-s-dobavkami> (дата обращения: 06.12.2022).
2. Каталог продукции «RealLab». [Электронный ресурс]// Российское оборудование автоматизации. URL <https://www.reallab.ru/catalog/> (дата обращения 06.12.2022г).
3. Каталог продукции «ПРОМА» [Электронный ресурс]// НПП «ПРОМА». URL: [https://www.promav.ru/tech\\_description/](https://www.promav.ru/tech_description/) (дата обращения 06.12.2022г).
4. Каталог продукции АО «ОВЕН». [Электронный ресурс]// Контрольно-измерительные приборы ОВЕН: датчики, контроллеры, регуляторы, измерители, блоки питания и терморегуляторы. URL: <http://www.owen.ru> (дата обращения 06.12.2022г).
5. Каталог продукции НПП «Элемер». [Электронный ресурс]// Приборостроительный завод НПП ЭЛЕМЕР – автоматизация технологических процессов на предприятии Элемер. URL: <https://www.elemer.ru/> (дата обращения 06.12.2022г).
6. Лисовцов И. А., Медведева Л. И. Разработка системы управления процессом дробления карбида кремния// Технические науки: традиции и инновации: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Казань, март 2018 г.). — Казань: Молодой ученый, 2018. — С. 37-39. — URL <https://moluch.ru/conf/tech/archive/287/13760/> (дата обращения: 06.12.2022).

7. Силаев А.А., Валенеев А.С. Автоматизация технологического процесса дробления карбида кремния // 18-я научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ВПИ (филиал) ВолгГТУ, Волгоград, 2019. – 505с. URL: [https://volpi.ru/files/science/science\\_conference/18npkpps\\_2019/18npkpps\\_010519.pdf](https://volpi.ru/files/science/science_conference/18npkpps_2019/18npkpps_010519.pdf) (дата обращения: 06.12.2022).

8. Технологический регламент процесса дробления карбида кремния.

*Оригинальность 88%*