

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS



УДК 667.6

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-4-82-86>

Сварочные электроды на основе графитовых материалов

А.С. Турсунов¹ , У.М. Турдалиев² 

¹ Ферганский политехнический институт, г. Фергана, Республика Узбекистан

² Андижанский машиностроительный институт, г. Андижан, Республика Узбекистан

✉ info@andmiedu.uz



EDN: SJUICI

Аннотация.

Введение. В условиях глобальной конкуренции высококачественная продукция предприятий развитых стран занимает лидирующие позиции на мировых рынках, что обусловлено растущим спросом на графитовую продукцию. Графит, благодаря своим уникальным свойствам, находит применение в различных отраслях, включая производство высокотемпературных печей, электродов для сварки и резки, а также в аккумуляторной технологии. Цель исследования — исследование и анализ свойств графитовых электродов, их применения в сварочных процессах и оценке конкурентных преимуществ по сравнению с другими типами электродов. Работа направлена на выявление особенностей использования графитовых электродов в различных отраслях, таких как сталеплавильное производство, металлургия и химическая промышленность, а также на изучение их физико-химических характеристик, которые делают их эффективными для применения при высоких температурах и в условиях коррозии.

Материалы и методы. Исследование проводилось на основе графитового Тазказганского рудника, расположенного в Центральной Азии. Анализировался химический состав и содержание углерода в графитовой руде, которая была разделена на группы по качеству. Установлено, что руда содержит до 51,8 % графита и другие компоненты, влияющие на её свойства.

Результаты. Полученные данные показывают, что графит из Тазказганского месторождения можно классифицировать по содержанию углерода на низкоуглеродистый, средний и высокий, что позволяет рекомендовать его для производства сварочных электродов. Химический состав руды указывает на её потенциал для использования в различных промышленных процессах.

Обсуждение и заключение. Графитовые материалы, добываемые на Тазказганском руднике, обладают значительными качественными характеристиками, что делает их конкурентоспособными на рынке. Дальнейшие исследования должны сосредоточиться на оптимизации процессов переработки и применения графита в новых технологиях, чтобы максимально использовать его уникальные свойства.

Ключевые слова: электрод, графит, сварочные электроды, печные электроды, гальванические электроды, электрический ток, металлические проволоки

Для цитирования. Турсунов А.С., Турдалиев У.М. Сварочные электроды на основе графитовых материалов. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий.* 2024;3(4):82–86. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-4-82-86>

Welding Electrodes on the Basis of the Graphite Materials

Azamjon S. Tursunov¹ , Umid M. Turdialiev² 

¹ Fergana Polytechnic Institute, Fergana, Republic of Uzbekistan

² Andijan Machine Building Institute, Andijan, Republic of Uzbekistan

✉ info@andmiedu.uz

Abstract

Introduction. In the context of global competition, the high-quality products of the enterprises from the developed countries occupy the leading positions in the world markets, which causes the growth of demand for graphite products. Graphite, due to its unique properties, is used in various industries, including the production of high-temperature furnaces, electrodes for welding and cutting, as well as in battery production technology. The aim of the study is to investigate and analyse the properties of graphite electrodes, their application in welding processes and to evaluate their competitive advantages compared to other types of electrodes. The work is aimed at identifying the features of using graphite electrodes in various industries, such as steelmaking, metallurgy and chemical industry, as well as studying their physical and chemical properties, which make them efficient for the use at high temperatures and in corrosion conditions.

Materials and Methods. The research was carried out with reference to the Tazkazgan graphite mine located in the Central Asia. The chemical composition and carbon content of the graphite ore were analysed, which made it possible to classify it into groups by quality. It was found that the ore contains up to 51.8% of graphite and other components that affect its properties.

Results. The obtained data show that graphite from the Tazkazgan deposit can be classified by carbon content into low-carbon, medium-carbon and high-carbon, which allows it to be recommended for the production of welding electrodes. The chemical composition of the ore indicates its capacity to be used in various industrial applications.

Discussion and Conclusion. Graphite materials mined at the Tazkazgan mine are attributed with the significant quality characteristics, which make them competitive in the market. Further research should focus on optimising processing and application of graphite in new technologies to make the most of its unique properties.

Keywords: electrode, graphite, welding electrodes, furnace electrodes, plating electrodes, electric current, metal wires.

For Citation. Tursunov AS, Turdialiev UM. Welding Electrodes on the Basis of the Graphite Materials. *Modern Trends in Construction, Urban Development and Territorial Planning*. 2024;3(4):82–86. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-4-82-86>

Введение. Высококачественная продукция предприятий развитых стран успешно занимает лидирующие позиции на мировых рынках и в торговых сетях благодаря своей конкурентоспособности и ориентации на экспорт.

Одновременно наблюдается рост спроса на графитовую продукцию. Этот материал приобретает все большее значение благодаря своим уникальным свойствам, которые делают его незаменимым в производстве высокотемпературных печей, электродов для резки и соединения металлов, щеток для электродвигателей, а также в процессах электролиза и создании анодов для щелочных литий-ионных аккумуляторов.

Среди углеродистых материалов графит находит широкое применение в различных отраслях. Его используют для изготовления нагревательных элементов электропечей, электродов и электродуговой сварки, тиглей в металлургии, форм для керамики и металлических сплавов, протекторов и теплоизоляторов от высоких температур. Графит незаменим в ракетных двигателях, химических реакторах, электрических контактах, аккумуляторных электродах, а также в производстве антифрикционных материалов для воздухоочистительного оборудования и изделий из графитового волокна. В нашей стране уделяется особое внимание обогащению и переработке графитовых руд Тазказганского месторождения, обладающего значительными запасами [1–3].

Графит представляет собой уникальный материал благодаря своей кристаллической структуре, где связь между слоями обеспечивается силами Ван-дер-Ваальса. Низкое межслоевое усилие позволяет легко разделять слои, что обуславливает его превосходные антифрикционные свойства. В кристаллической структуре графита высокая электропроводность проявляется в направлении кристаллографических плоскостей, параллельных гексагональным слоям.

Ключевые свойства графита включают: высокую химическую стойкость при высоких температурах в инертной среде, высокую теплопроводность, низкий коэффициент теплового расширения, стабильность при температурных изменениях, адсорбционные свойства в отношении различных газов, а также легкость механической обработки [4].

Материалы и методы. Графитовый рудник Тазказга, крупнейший в Центральной Азии, расположен в западной части Кулюктовских гор на территории Навоийской области и Центрального Кызылкума. Он был открыт в 1928–1929 годах и занимает ключевое место в развитии горнодобывающей промышленности региона благодаря своим значительным запасам и стратегическому значению. Установлено, что графитовая руда содержит до 4 % влаги, 51,8 % графита, 19 % органического вещества, 6 % летучих веществ, 4,4 % железа и 38 % остатка после горения.

В таблицах 1 и 2 приведены специфические характеристики и химический состав Тазказганского графита.

Таблица 1

Разделение графитовых руд Тазказганского рудника на группы по содержанию углерода

№	Разновидность графита	Количество углерода в составе, %	Доля от общего количества графитовой руды в руднике, %	Группа
1	Низкоуглеродистый	5–10	30	не богат углеродом
2	Низкий	10–20	40	низкое качество
3	Средний	20–30	20	среднее качество
4	Высокий	30 <	10	высокое качество

Из таблицы 1 следует, что в зависимости от содержания углерода отмечается группа графита по качеству.

Таблица 2

Химический состав графитовой руды, полученной на руднике Тазказган

Химический элемент	C	Co	Cu	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	Al ₂ O ₃
Химический состав, %	12–51,8	0,009	0,08	33,6–35,2	5,3–6,1	3,8–8,8	9,15–12,64

Из таблицы 2 видно, что содержание углерода в графите Тазказганского месторождения составляет 12–51,8 % [5, 6]. Такой тип графита можно рекомендовать для получения сварочных электродов.

Результаты исследования. Электрод представляет собой сердечник из токопроводящего материала, предназначенный для передачи электрического тока к зоне сварки, плавки или резки.

Электроды в основном делятся на следующие типы:

1. Сварочные электроды.
2. Электроды для печей.
3. Гальванические электроды и электроды, используемые в различных областях.

Сварка — это технологический процесс, обеспечивающий создание неразрывного соединения путем пластической деформации металлов, сплавов или других материалов, либо межатомного соединения с использованием нагрева между соединяемыми деталями.

Сварочные электроды представляют собой металлические проволоки, используемые для проведения электрического тока и формирования дуги между заготовками. В зависимости от их особенностей сварочные электроды можно разделить на два основных типа:

1. плавящиеся электроды — плавятся при сварке и становятся частью сварного шва;
2. неплавящиеся электроды — не плавятся при процессе сварки и требуют использования отдельной присадки для соединения материалов.

При сварке используются как неразжижаемые, так и жидкие материалы. Неразжижаемые материалы, такие как графит, уголь и вольфрам, а также жидкие материалы, включая низкоуглеродистую сталь, чугун, цветные металлы и их сплавы, обычно изготавливают в виде катанки [7].

В зависимости от метода дуговой сварки применяют различные виды электродов, включая стальные, вольфрамовые, чугунные, цветные металлы и сплавы, угольные и графитированные электроды.

Стальные электроды являются наиболее широко используемыми, так как сварные конструкции часто изготавливают именно из стали.

Графитированные электроды обладают рядом важных преимуществ по сравнению с угольными:

- химически чистые, относительно мягкие, имеют темный цвет и блестят, как цветные металлы;
- при использовании на бумаге остаются черные следы, что свидетельствует об их высокой проводимости;
- лучше проводят электрический ток и меньше горят (окисляются) при высоких температурах на открытом воздухе, что позволяет выполнять сварку с высокой плотностью тока [8].

Графитовые электроды — это неплавкие электроды, изготовленные путем дополнительной высокотемпературной обработки угольных электродов, применяемых для дуговой сварки и резки.

Нерастворимые графитовые электроды, специально предназначенные для дуговой резки и сварки, по государственным стандартам не изготавливаются, поэтому в ряде случаев их изготавливают методом резки и точения графитовых электродов.

Графитовые электроды применяются в сталеплавильном производстве, металлургических заводах, судостроении и относятся к неплавкой группе электродов. Их часто используют для предсварочной обработки металла, дуговой резки, кройки металла. Некоторые модели используются в конструкциях из легированных, низколегированных и углеродистых сталей.

Обсуждение и заключение. Электроды на основе графита, в отличие от аналогов из других материалов, хорошо проводят электричество и не плавятся. Они бывают различной длины и формы, со стандартным графитовым и медным покрытием.

Основные преимущества графитовых электродов:

- возможность использования при высокой плотности тока;
- высокая чистота химического состава;
- лучшие результаты сварки по сравнению с угольными электродами;
- хорошая электропроводность и снижение потерь при эксплуатации;
- устойчивость к окислению даже при высоких температурах;
- устойчивость к химическим реагентам.

Физико-химический состав: графитовый электрод представляет собой цилиндр с ниппельными гнездами по краям. Он состоит из двух частей, между которыми находится прокладка с изоляционными свойствами. Прокладка содержит частицы оксида железа, меди, алюминия и магния.

Температура плавления графита составляет около 3500 °С, что делает его идеальным материалом для изготовления негорючих электродов¹².

Графитовые электроды также используются в процессе производства алюминия, поскольку они выдерживают высокие температуры и химические реакции, обладают хорошей проводимостью и тепловым балансом. Графитовые электроды широко используются в химической промышленности, т. к. устойчивы к коррозии. Их также можно использовать в качестве электрода-катализатора в органическом химическом синтезе.

Список литературы / References

1. Турсунов А.С. *Технология обогащения и переработки графитовой руды тасказганского месторождения на смазочные и силикатные материалы*. Диссертация доктора философии. Наманган; 2022. 103 с.
Tursunov AS. *Technology of Enrichment and Processing of Graphite Ore of the Taskazgan Deposit into Lubricants and Silicate Materials*. PhD Dissertation. Namangan; 2022. 103 p. (In Russ.)
2. Турсунов А., Турдалиев У. Тасказган кони графит рудасини флотацион усулда бойитиш жараёнини тадқиқ қилиш. *Talqin va tadqiqotlar*. 2023;1:32. URL: <https://talqinvatadqiqotlar.uz/index.php/tvt/article/view/1334> (дата обращения 13.09.2024).
3. Tursunov A, Turdaliyev U. Taskazgan Horses Graphite Rudasini Flotation Usulda Boyitish Zharayonini Tadqiq Kilish. *Talqin va Tadqiqotlar*. 2023;1:32. URL: <https://talqinvatadqiqotlar.uz/index.php/tvt/article/view/1334> (accessed: 13.09.2024).
4. Abzalov M.M. *Payvandlash Materiallari. Darslik*. Toshkent: Fan va Texnologiya; 2017. 244 s. URL: <http://ilmiy.bmti.uz/blib/files/71/Payvandlash%20materiallari.pdf> (дата обращения: 13.09.2024).
5. Ergashev DU, Abduqodirov G, Tursunboyev N. *Materialshunoslik va Konstruktion Materiallar/o'quv Qo'llanma*. Toshkent: INNOVATSIYA-ZIYO; 2019, 204 s. URL: https://namdu.uz/media/Books/pdf/2024/06/07/NamDU-ARM-4765-Materialshunoslik_va_konstruktion_materiallar.pdf (дата обращения: 13.09.2024).
6. Турсунов А.С. Турдалиев У.М., Адылов Д.К., Ахмедов Р.К., Черниченко Н.И., Мирзаев Б.А. Исследования процесса флотационного обогащения графитовой руды месторождения Тасказган Республики Узбекистан. *Universum: технические науки*. 2019;10-2(67):42–47. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/7928> (дата обращения 13.09.2024).

¹ ГОСТ 9467-75. Межгосударственный стандарт. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Москва, 1975 г.

² ГОСТ Р 57613-2017. Национальный стандарт Российской Федерации. Электроды графитированные и ниппели к ним. Москва, 2017 г.

Tursunov AS, Turdialiev UM, Adylov DK, Akhmedov RK, Chernichenko NI, Mirzaev BA. Research of the Flotation Treatment Process of Graphite Ore of the Taskazgan Deposit of the Republic of Uzbekistan. *Universum: Technical Sciences*. 2019;10-2(67):42–47. (In Russ.) URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/7928> (accessed: 13.09.2024).

6. Tursunov A, Turdaliyev U. The Use of Graphite ore Concentrate from the Taskazgan Deposit as a Lubricant. In: *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Priority Directions of Complex Socio-Economic Development of the Region" (PDSED 2023). E3S Web Conference. Volume 449*. EDP Sciences; 2023. 06012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344906012>

7. Abralov MA, Dunyashin NS, Ermatov ZD. *Payvandlash Ishlab Chiqarish Texnologiyasi va Jihozlari. O'quv Qo'llanma*. Toshkent: Fan va Texnologiya; 2017. 160 s. URL: <http://ilmiy.bmti.uz/blib/files/69/Payvandlash%20ishlab%20chiqarish%20texnologiyasi%20va%20jihozlari.pdf> (дата обращения: 13.09.2024).

8. Глизманенко Д.Л. *Сварка и резка металлов*. Москва; 1969. 448 с.

Glizmanenko DL. *Welding and Cutting of Metals*. Moscow; 1969. 448 p.

Об авторах:

Азамжон Салимжон угли Турсунов, доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент кафедры химии и химической технологии Ферганского политехнического института (Республика Узбекистан, г. Фергана, ул. Фергана, 86), [ORCID](#), turcunov-farpi@mail.ru

Умид Мухтаралиевич Турдиалиев, профессор кафедры химии и химической технологии Андижанского машиностроительного института, доктор технических наук, старший научный сотрудник (Республика Узбекистан, г. Андижан, пр. Бабура, 56), [ORCID](#), eco-planning@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

А.С. Турсунов: проведение расчетов, подготовка текста, анализ результатов исследований формирование выводов;

У.М. Турдиалиев: научное руководство, формирование основной концепции, цели и задачи исследования, доработка текста, корректировка выводов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

About the Authors:

Tursunov Azamjon Salimjon ugli, Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology of the Fergana Polytechnic Institute (Republic of Uzbekistan, Fergana, Fergana Street, 86), [ORCID](#), turcunov-farpi@mail.ru

Turdialiev Umid Mukhtaraliyevich, Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology of the Andijan Machine-Building Institute, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher (Republic of Uzbekistan, Andijan, Babur Avenue, 56), [ORCID](#), eco-planning@mail.ru

Claimed Contributorship:

A.S. Tursunov: calculations, text preparation, analysis of research results, formation of conclusions;

U.M. Turdialiev: scientific supervision, formation of the main concept, goals and objectives of the study, revision of the text, correction of conclusions.

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.

Поступила в редакцию/ Received 20.11.2024

Поступила после рецензирования/ Revised 28.11.2024

Принята к публикации/ Accepted 10.12.2024