

5. P'yashchenko D.P. Mathematical Formula to Determine Geometrical Dimensions of Electrode Metal Droplets Transferred with Short Circuits / D.P. P'yashchenko, D.A. Chinakhov, K.Y. Kirichenko, V.N. Sydorets // Materials Science Forum. – 2018 – Vol. 938. – P. 1–6.
6. Оценка сварочных свойств оборудования с инверторными источниками питания по энергетическим характеристикам / Э.А. Гладков, А.А. Юшин, Р.А. Перковский, С.А. Мымриков, В.Н. Бродягин // Сварка и диагностика. – 2011. – № 1. – С. 31–35.
7. P'yashchenko D.P. Determination of metal losses through splashing using different power sources / D.P. P'yashchenko, E.A. Zernin // Welding International. – 2011. – 25 (1). – P. 69–72.

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ МИКРОДИАПАЗОНА

М.А. Кузнецов^а, к.т.н., Е.В. Судариков, студент гр. 10А22

Юргинский технологический институт (филиал)

*Национального исследовательского Томского политехнического университета,
652055, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

E-mail: kuznechik85@tpi.ru

Аннотация: В данной работе представлены результаты отработки режимов получения порошков микродиапазона из сварочных проволок различного химического состава и диаметров. В процессе экспериментальных исследований были получены порошки из стальных проволок со средним размером частиц 50–100 мкм и порошки из проволок цветных металлов со средним размером частиц 100–500 мкм.

Ключевые слова: порошки, режимы, проволока, химический состав.

Abstract: This paper presents the results of testing the modes of obtaining microrange powders from welding wires of various chemical compositions and diameters. In the course of experimental studies, powders were obtained from steel wires with an average particle size of 50–100 microns and powders from non-ferrous metal wires with an average particle size of 100–500 microns.

Keyword: powders, modes, wire, chemical composition.

Введение. В последние годы, наука о материалах в основном сосредоточена на разработке порошков микро – и нанодиапазона сферической формы. Главным преимуществом этих материалов является их применение в различных областях промышленности, так как их структура дает улучшенные свойства материалов, таких как твердость, прочность и пластичность. Данный факт говорит о том, что на данный момент актуален вопрос по улучшению уже существующих способов получения порошков, а также по разработке новых [1, 2, 3].

Целью данной работы является отработка режимов получения порошков микродиапазона по разработанному способу [4, 5].

Для осуществления отработки режимов был произведен ряд лабораторных экспериментов, т. е. были установлены оптимальные режимы для проволок различного диаметра и химического состава.

Отработка режимов производилась на следующих видах проволок:

- сварочная проволока из низкоуглеродистой, низколегированной стали – Св-08Г2С диаметром 1,2 мм;
- сварочная проволока из стали аустенитного класса – ОК Autrod 347Si диаметром 0,8 мм;
- сварочная проволока из алюминия – ML 1070 диаметром 1,2 мм;
- сварочная проволока из меди – ML CuSi3 диаметром 1 мм;
- сварочная проволока из титана – ВТ1-00 диаметром 1,2 мм.

Основные параметры режимов получения порошков микродиапазона из сварочных проволок изменялись в следующих диапазонах: сила тока $I_{св} = 40–200$ А, давление плазмообразующего газа $p_{пл} = 0,5–0,9$ атм., скорость подачи проволоки $v_{св} = 20–80$ мм/с.

Процесс отработки режимов осуществлялся следующим образом. Катушка с проволокой необходимого диаметра и химического состава устанавливалась на лабораторную установку, включался источник питания плазмотрона и компрессор, на источнике питания плазмотрона устанавливалась необходимая сила тока, далее открывался баллон с инертным газом, на редукторе которого устанавливалось необходимое давление плазмообразующего газа, затем включался охладитель сопла плазмотрона. На источнике питания плазмотрона нажималась кнопка пуск и загоралась дежурная дуга. Далее запускался механизм подачи проволоки, на котором устанавливалась необходимая скорость подачи проволоки (в экспериментах рассматривали два вида подачи проволоки: с постоянной скоростью и импульсная). После того когда проволока достигала сопла плазмотрона загоралась основная дуга.

Если проволока двигалась с постоянной скоростью, то дуга горела постоянно, если проволока двигалась импульсно, то основная дуга при движении проволоки загоралась, а при остановке проволоки тухла. В результате данных действий в уловителе частиц конденсируются порошки.

Обработка режимов начиналась с минимальных значений, т. е. $I_{св} = 50$ А (интервал варьирования 40 А), $\rho_{пт} = 0,5$ атм. (интервал варьирования 0,1 атм.), $v_{св} = 20$ мм/с (интервал варьирования 20 мм/с).

Лабораторные исследования заключались в определении оптимальных параметров режима получения порошков микронного диапазона из сварочных проволок различного химического состава и диаметра.

При получении порошков нано- и микродиапазона для чистоты эксперимента на каждую проволоку проводилось 125 лабораторных экспериментов. Итого было проведено 625 экспериментов по обработке режимов.

Обработка и корректировка режимов технологии получения частиц в лабораторных условиях производилась по методике полнофакторного эксперимента.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась методами дисперсионного и регрессионного анализов, с использованием пакетов Microsoft Office Excel. Путем обработки статистических данных сравнительных лабораторных исследований получили численные значения параметров процесса генерации капель микронного диапазона.

Для получения порошков нано- и микродиапазона из проволок различного диаметра и химического состава были получены режимы. Результаты лабораторных экспериментов представлены в таблице 6.

Таблица 6

Режимы получения порошков

Проволока	Сила тока, А	Давление плазмообразующего газа, атм.	Скорость подачи проволоки, мм/с
Св-08Г2С, диаметр 1,2 мм	80	0,8	20
ОК Autrod 347Si, диаметр 0,8 мм	80	0,7	20
ML 1070, диаметр 1,2 мм	50	0,6	80
ML CuSi3, диаметр 1 мм	60	0,6	40
BT1-00, диаметр 1,2 мм	50	0,6	60

В результате проведения экспериментальных исследований были получены порошки с различной формой и размерами. Порошки, которые были получены из низкоуглеродистой, низколегированной стали и из стали аустенитного класса имеют сферическую форму и средний размер частиц 50–100 мкм (рисунок 1).



*Рис. 1. Оптическая микроскопия стальных частиц:
а – частица из стальной проволоки, б – частица из стальной нержавеющей проволоки*

Частицы порошков, которые были изготовлены из алюминиевой, титановой, медной проволок, имеют не правильную форму и размер 100–500 мкм (рисунок 2).

Для дальнейшего использования порошков, которые имеют неправильную форму, сильно отличающую от сферической, необходим процесс сфероидизации.

Разработанная конструкция сопла плазмотрона не позволяет получать порошки сферической формы из всех существующих металлов, потому что все металлы имеют различные теплофизические свойства. В зависимости от теплофизических свойств металлов необходимо модернизировать конструкцию сопла плазмотрона, т. е. изменить некоторые параметры.

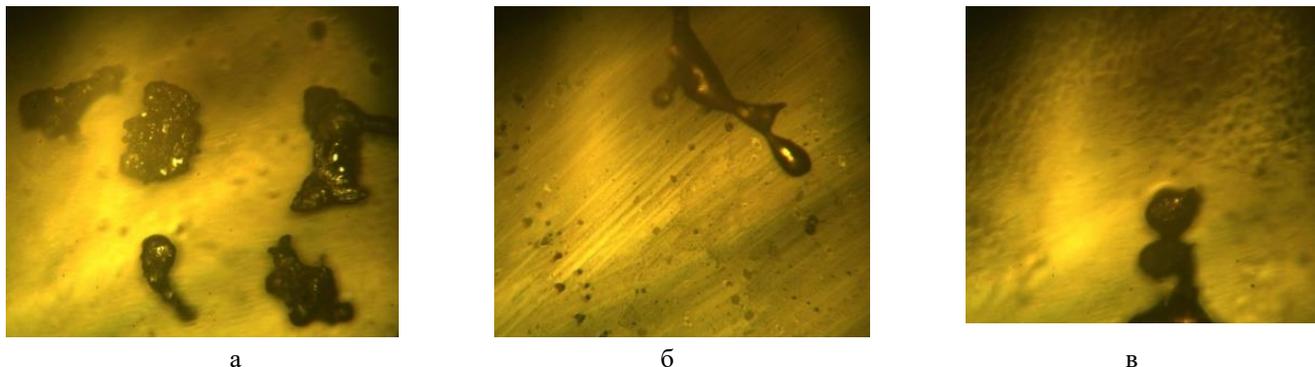


Рис. 2. Оптическая микроскопия частиц из цветных металлов:

а – частица из алюминиевой проволоки, б – частица из медной проволоки, в – частица из титановой проволоки

Выводы:

1. Оработаны режимы получения порошков микронного диапазона из сварочных проволок различного химического (из низкоуглеродистой, низколегированной стали; из стали аустенитного класса; из алюминия; из меди; из титана) состава и диаметра (0,8 мм, 1 мм, 1,2 мм).
2. Получены порошки из низкоуглеродистой, низколегированной стали и из стали аустенитного класса сферической формы и средним размером частиц 50–100 мкм.
3. Получены порошки из алюминиевой, титановой, медной проволок с формой, отличающейся от сферической, со средним размером частиц 100–500 мкм.

Список использованных источников:

1. Paton В.Е. Application of nanotechnology of permanent joining of advanced light-weight metallic materials for aerospace engineering / В.Е. Paton, А.Ya. Ishchenko, А.И. Ustinov // The Paton Welding Journal. – 2008. – Vol. 12. – P. 2–8.
2. Pal K. Dynamic application of novel electro-optic switchable device modulation by graphene oxide dispersed liquid crystal cell assembling CdS nanowires / K. Pal, М.М. Mohan, S. Thomas // Organic Electronics: physics, materials, applications. – 2016. – Vol. 39. – P. 25–37.
3. Reisgen U. Nanophase hardfacing new possibilities for functional surfaces / U. Reisgen, В. Balashov, L. Stein, C. Geffers // Materials Science Forum. – 2010. – Vol. 638–642. – P. 870–875.
4. Development of Executive Equipment Design for Implementing the Process of Generating of Drops of Micro- and Nanoscale Range / М.А. Kuznetsov, D.P. Пjyashchenko, А.В. Kryukov [и др.] // Devices and Methods of Measurements. – 2021. – Vol. 12. – №. 1. – P. 38–45.
5. Study of the Effect of Shielding Gas on the Plasma Flow of an Electric Arc and on the Droplet of a Molten Metal / М.А. Kuznetsov, S.A. Solodsky, А.В. Kryukov [и др.] // Plasma Physics Reports. – 2021 – Vol. 47 – №. 1. – P. 100–104.

**IMPROVING THE ACCURACY OF MODELING SURFACE ROUGHNESS PROFILES
WITH REGULAR MICRORELIEF**

V.E. Ovsyannikov^{1,a}, Candidate of Technical Sciences, assistant professor, R.J. Nekrasov,^{1c}
D.P. Il'yaschenko^{2,3 b}, Candidate of Technical Sciences, assistant professor, A.S. Gubenko¹ student

¹Tyumen Industrial University, 625000, Tyumen, st. Volodarskogo, 38

²Tomsk Polytechnic University 634050, Tomsk, Lenin Ave. 30

³Institute of Strength Physics and Materials Science, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
634055, Tomsk, prosp. Academic, 2/4

E-mails: ^a vik9800@mail.ru, ^b mita8@tpu.ru

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы повышения точности моделирования профиля шероховатости поверхности при регулярном характере микрорельефа. В качестве исходных данных для рассмотрения взяты поверхности, обработанные чистовой токарной обработкой и алмазным заглаживанием с жесткой фиксацией индентора. Модель шероховатости поверхности основана на использовании методологического аппарата фрактальной геометрии.