



RS Global
Journals

Scholarly Publisher
RS Global Sp. z O.O.
ISNI: 0000 0004 8495 2390

Dolna 17, Warsaw, Poland 00-773
Tel: +48 226 0 227 03
Email: editorial_office@rsglobal.pl

JOURNAL	World Science
p-ISSN	2413-1032
e-ISSN	2414-6404
PUBLISHER	RS Global Sp. z O.O., Poland
ARTICLE TITLE	МИКРОТВЕРДОСТЬ ЧАСТИЦ ПОКРЫТИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОМ НАПЫЛЕНИИ С ПУЛЬСИРУЮЩИМ РАСПЫЛЯЮЩИМ ПОТОКОМ
AUTHOR(S)	Роянов Вячеслав Александрович, Крючков Никита Сергеевич, Захарова Ирина Вячеславовна, Матвиенко Владимир Николаевич
ARTICLE INFO	Vyacheslav Royanov, Mykyta Kriuchkov, Irina Zakharova, Vladimir Matviyenko. (2021) Micro-hardness of the Particles of Coating at Electric-arc Sputtering with Pulsing Jet Spraying. World Science. 2(63). doi: 10.31435/rsglobal_ws/28022021/7445
DOI	https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/28022021/7445
RECEIVED	05 December 2020
ACCEPTED	10 February 2021
PUBLISHED	15 February 2021
LICENSE	 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License .

© The author(s) 2021. This publication is an open access article.

МИКРОТВЕРДОСТЬ ЧАСТИЦ ПОКРЫТИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОМ НАПЫЛЕНИИ С ПУЛЬСИРУЮЩИМ РАСПЫЛЯЮЩИМ ПОТОКОМ

Роянов Вячеслав Александрович,

Доктор технических наук, профессор, Кафедра автоматизации и механизации сварочного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», Украина, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5379-9096>

Крючков Никита Сергеевич,

Аспирант, Кафедра автоматизации и механизации сварочного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», Украина, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1012-0156>

Захарова Ирина Вячеславовна,

Кандидат технических наук, доцент, Кафедра автоматизации и механизации сварочного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», Украина, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3492-0134>

Матвиенко Владимир Николаевич,

Доктор технических наук, профессор, Кафедра автоматизации и механизации сварочного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», Украина

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/28022021/7445

ARTICLE INFO

Received: 05 December 2020

Accepted: 10 February 2021

Published: 15 February 2021

KEYWORDS

micro-hardness, non-metallic inclusions, liquid inclusions, liquid metal, electrode, electric-arc sputtering, pulsating jet, coating, air consumption, pulsating supply, sputtered coating.

ABSTRACT

Intense oxidation of sputtered metal happens to be at electric-arc sputtering, due to oxygen, contained in the air, it leading to drastic reduction of the content of alloying elements in the coating.

This work contains a method of evaluation of micro-hardness of the particles of the coating, deposited with pulsating air supply into the area of electrodes melting by introducing an additional element into the spraying head of the electric-arc metallizator Also performed was estimation of the amount of non-metallic inclusion. Also included are the results of alternations in particles micro-hardness, depending upon the frequency of pulsations at EAM with application of a pulsating spraying jet.

Citation: Vyacheslav Royanov, Mykyta Kriuchkov, Irina Zakharova, Vladimir Matviyenko. (2021) Micro-hardness of the Particles of Coating at Electric-arc Sputtering with Pulsing Jet Spraying. *World Science*. 2(63). doi: [10.31435/rsglobal_ws/28022021/7445](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/28022021/7445)

Copyright: © 2021 Vyacheslav Royanov, Mykyta Kriuchkov, Irina Zakharova, Vladimir Matviyenko. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

На кафедре «Автоматизация и механизация сварочного производств» ГВУЗ ПГТУ предложено использование пульсирующего распыляющего потока при электродуговом напылении. В работах [1, 2, 3] представлен принцип метода, характеристики оборудования для обеспечения пульсаций распыляющего потока, формы и длительности импульсов, воздействие потока на распыляемый материал. Снижение воздействия кислорода воздуха на жидкий металл электродов при электродуговом напылении с пульсирующей распыляющей струей на массоперенос металла приведены в работах [5].

В работе [2, 4] показано положительное влияние на снижение уровня окисления распыляющего материала и повышение содержания легирующих компонентов в покрытии – например M_n , S_i , C . Отмечено повышение производительности процесса и эффективности использования материала и вероятность снижения оксидной фазы на границе частиц в покрытии. Свойства частиц, в частности микротвердость не исследовано. В то же время микротвердость связана со всеми механическими характеристиками, и ее измерение позволяет оценить прочностную однородность напыленного слоя.

Изложение основного материала. Микротвердость и микроструктуру покрытий исследовали на образцах, полученных электродуговой металлизацией с использованием пульсатора, который обеспечивает частоту пульсаций в пределах 0 – 120 Гц. В качестве материала основы использовали сталь типа Ст3, в виде пластин размером $100 \times 100 \times 7$ мм. Перед напылением образцы обезжировали сольвентом и подвергали дробеструйной обработке с последующей обдувкой сжатым воздухом (для удаления пыли). Напыление проводили с помощью металлизатора ЭМ-17 с разработанным авторами устройством пульсирующей подачи воздуха, с применением проволоки 08Г2С. Напыление производили по следующим режимам для проволоки 2мм. Давление воздуха 0.6 Мпа, расход воздуха $2.5 \text{ м}^3/\text{мин}$, ток дуги 180-220 А, напряжение 28-30 В.

Химический состав проволоки: C 0.05-0.15, Si 0.7-1, Mn 1.5-2.3, Ni до 0.3, S до 0.025, P до 0.03, Cr до 0.3, Cu до 0.3, As до 0.08.

Производилось напыление с оптимального расстояния равного 170мм строго под углом 90 градусов. Чтобы не было перегрева покрытия. Для этого напыление производилось в несколько этапов. Напылялся слой толщиной около 0.5 мм с дальнейшим его остыванием до окружающей температуры, и так минимум 5 раз.

После напыления, вырезается заготовка размером 30x30 мм, шлифуется наждачным камнем и наждачной бумагой мелкой фракции с последующей полировкой.

Измерения микротвердости производили из участка в центре, откуда брали 8 точек для каждой частоты пульсации.

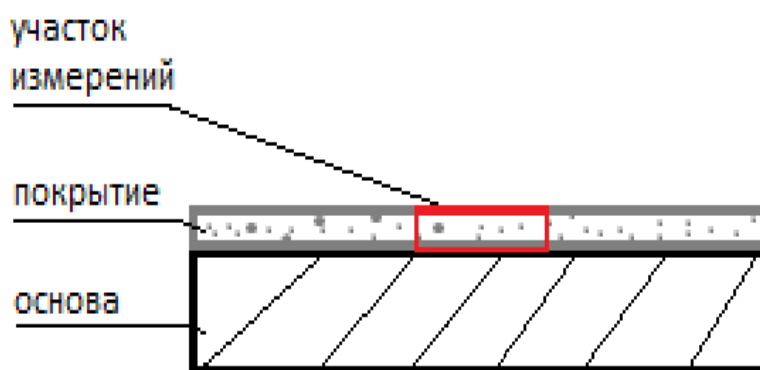


Рис.1. Схема выбора образца для снятия измерений

С помощью миллиметровой бумаги, учитывая масштаб снимков и разметку микротвердомера, определили относительное содержание оксидов на данных участках измерений по формуле

$$N = \frac{F_{\text{пок}}}{F_{\text{н.м}}} \times 100\%,$$

где $F_{\text{пок}}$ – площадь общая по снимку
 $F_{\text{н.м}}$ – площадь не металлических включений

Таблица 1. Процентное содержание не металлических включений к площади снимка

Частота Гц	%
0	9.4
30-35	5.6
65-70	2.3

Измерения производились на микротвердомере ПМТ-3 с нагрузкой 100 грамм. Увеличение 400х. На рисунках не трудно усмотреть, что между частицами и слоями наблюдаются границы из оксидных пленок. Твердость частицы измерялась путем замера длины диагонали пирамидки. Расчетные данные сведены в таблице 1 для частот, на которых производили измерения.

Таблица 2. Значения микротвердости на выбранном участке покрытия в единицах измерения H_D

№	Без частоты H_D/H_{Rc}	Частота 30-35 Гц H_D/H_{Rc}	Частота 65-70 Гц H_D/H_{Rc}	Частота 105 Гц H_D/H_{Rc}
1	301/31	317/33	301/31	325/34
2	294/30.2	309/32	309/32	325/34
3	287/29.3	294/30.2	317/33	294/30.2
4	280/29.4	294/30.2	325/34	317/33
5	325/34	325/34	325/34	309/32
6	325/34	325/34	317/33	301/31
7	317/33	317/33	334/35	280/29.4
8	309/32	309/32	325/34	309/32

Микроструктура участка покрытия без травления, полученная без воздействия пульсатора на воздушно – распыляющую струю с использованием цельной проволоки представлена на рисунке 2.

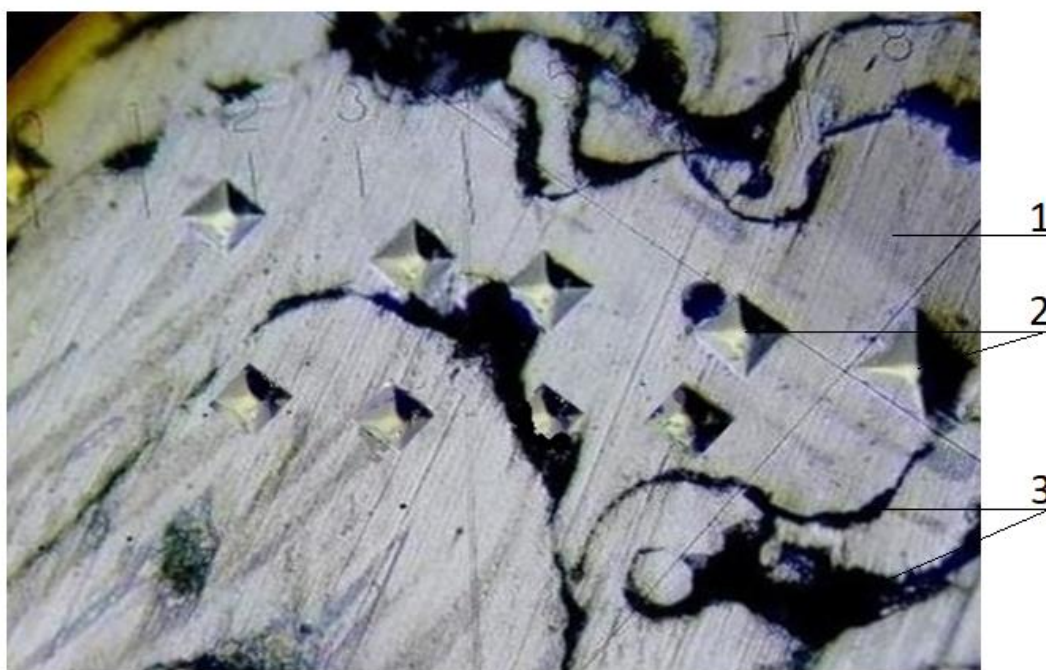


Рис.2. Микроструктура образца без использования пульсатора увеличение 400х (1- металл частицы, 2- точки воздействия твердомера, 3- границы между частицами)

При увеличении в 400х не трудно усмотреть, что между частицами и слоями наблюдаются границы из оксидных пленок и не металлические включения структура покрытия неоднородна, с большим количеством частиц различной формы.

На рисунке 3 представлено строение и замеры с частотой пульсации 30-35 Гц. Так при данной частоте отмечается существенное изменение формы напыляемых частиц и количество не металлических включений по сравнению с покрытием без пульсаций. Частицы имеют меньшие размеры по сравнению с образцами, выполненными без пульсаций.

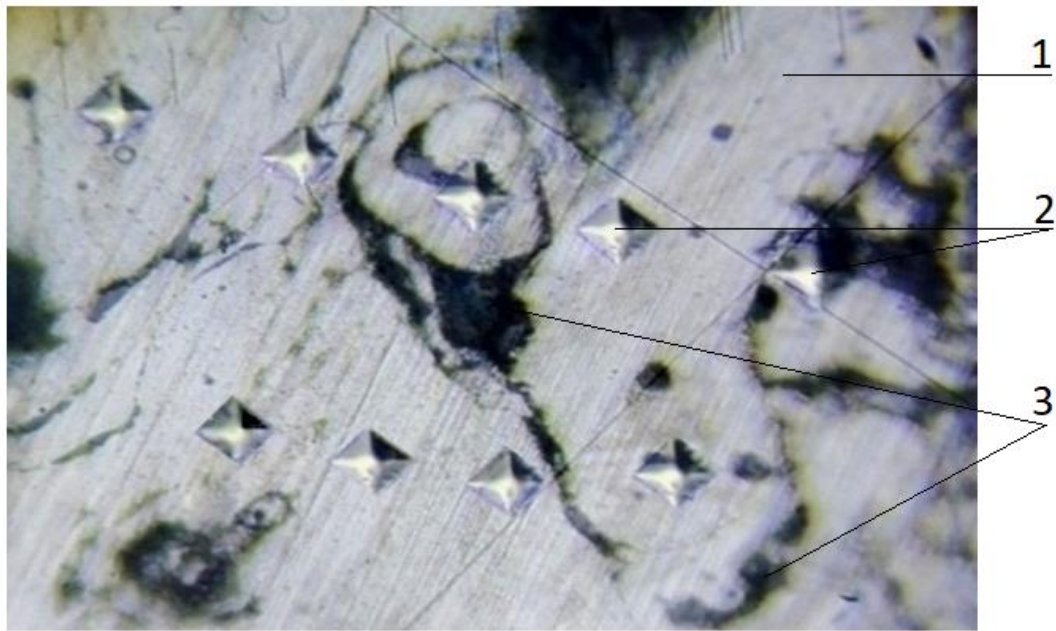


Рис.3. Структура участка покрытия с использованием пульсирующей воздушной струи 30-35 Гц при увеличении 400х (1- металл частицы, 2- точки воздействия твердомера, 3- границы между частицами)

На рисунке 4 представлено покрытие при частоте 65-70 Гц отмечается увеличение количества частиц малых размеров наряду с крупным. Средний размер частиц колеблется в пределах 50 – 350 мкм. Это объясняется тем, что промежуток в следовании импульсов воздушно – распыляющей струи имеет меньшую по времени величину для накопления жидкого металла на торцах электродов.

Образования жидкого металла на торце имеет большее по продолжительности время, чем временной промежуток в следовании воздушно – распыляющего потока при данной частоте, что увеличивает усилие сброса жидкого металла с торцов электродов силой распыляющего потока.

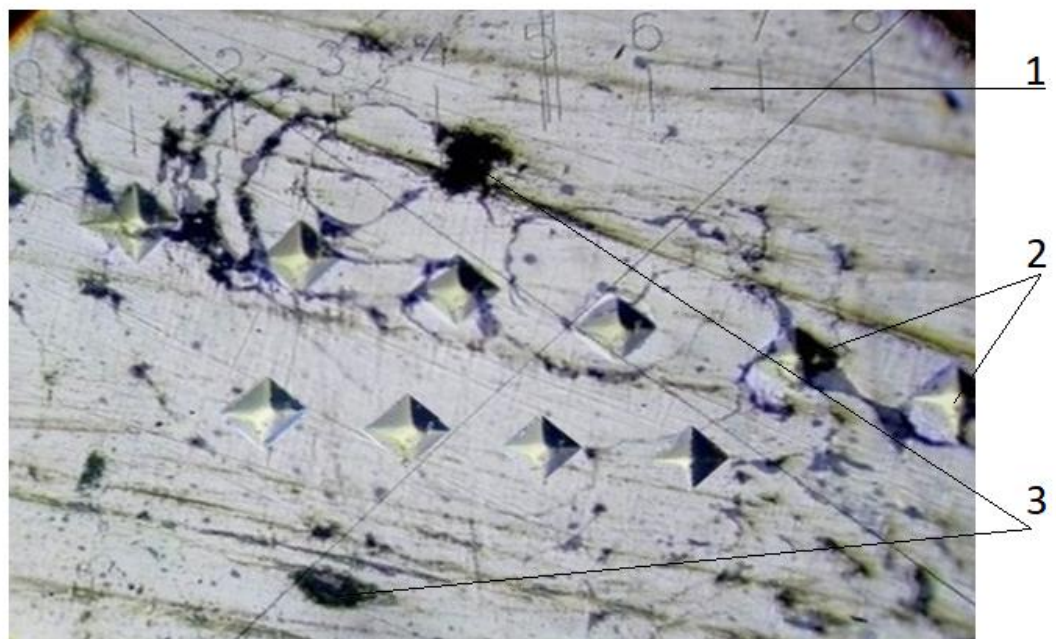


Рис.4. Структура участка покрытия с использованием пульсирующей воздушной струи 65-70 Гц при увеличении 400х (1- металл частицы, 2- точки воздействия твердомера, 3- границы между частицами)

Измерение микротвердости показывает, что с увеличением частоты пульсаций распыляющей струи микротвердость покрытия не значительно увеличивается.

На образце напыленном с помощью пульсирующего метода, микротвердость не много выше. Это происходит за счет уменьшения выгорания легирующих элементов. При замерах не металлических включений микротвердость достигала 15.1 - 18.4 H_{Rc} . И чем их больше, тем самым общая микротвердость покрытия ниже.

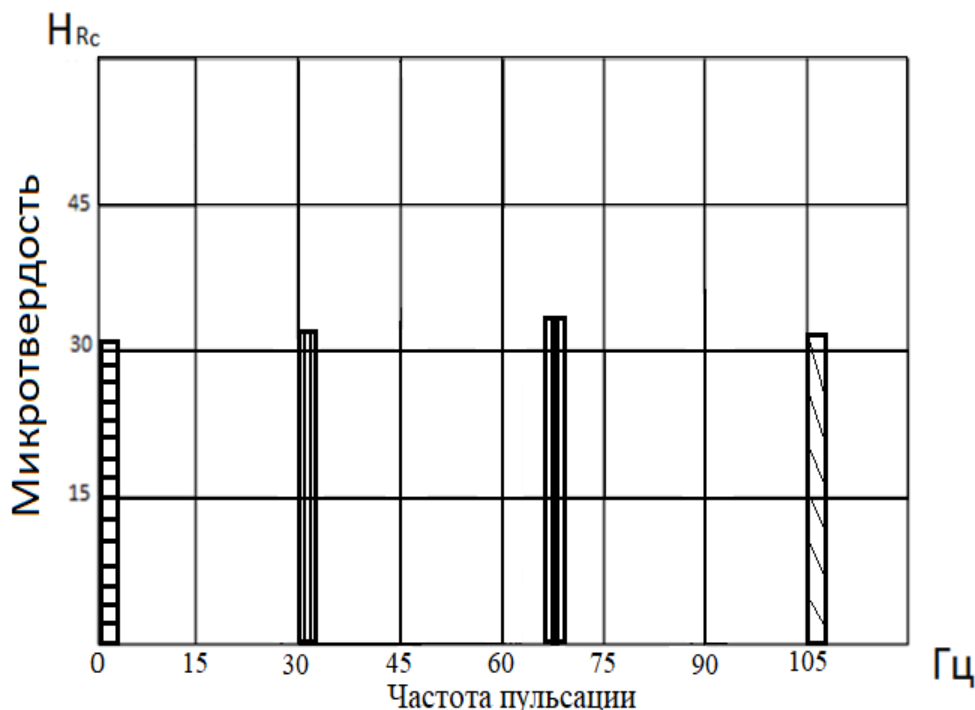


Рис.5. График изменения микротвердости частиц в зависимости от частоты пульсаций распыляющего потока

Результаты исследования обобщены на рисунке 5. Таким образом показали, что при использовании метода напыления с пульсирующим воздушным потоком с оптимальной частотой 65 -70 Гц, микротвердость покрытия увеличивается на 6%.

Выводы.

1. При использовании пульсирующего распыляющего потока наблюдается увеличение микротвердости покрытия на 2.7% при частоте 30 – 45 Гц и на 6 % при частоте 65- 70 Гц. При дальнейшем росте частоты, существенного увеличения твердости не наблюдается.

2. При использовании пульсирующей струи с частотой оптимальной 65-70 Гц наблюдается значительное снижение не металлических включений по границам частиц на 3.8% при частоте 30-45 Гц и на 7.1% при 65-70 Гц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роянов В.А. Устройство для электродуговой металлизации с пульсирующим режимом истечения воздушно-распыляющей струи /В.А. Роянов, В.И. Бобиков //Сварочное производство №4, 2015 с.12-15
2. V. Royanov , I. Zakharova , E. Lavrova. "Development of properties of spray flow and nature of pressure distribution in electric arc metallization" Журнал Eastern-European JOURNAL of enterprise technologies. №6/5(90) 2017.
3. Патент на корисну модель №95050 МПК /2014.01/B23K 9/00 Розпилююча головка для электродугової металізації. Опубл.10.12.2014. Бюл.№23.
4. Роянов В. А., Захарова И. В., Крючков Н. С., Пугачев Е. В. (2019). Снижение воздействия кислорода на жидкий металл электродов при электродуговом напылении пульсирующей распыляющей струей воздуха. World Science, 5(45), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/31052019/6508 с.13-21.