

DOI 10.8562/JEST.214.17
УДК 621.791.92

*А.М. Левченко, О.В. Панченко, Л.А. Жабрев,
А.М. Метик, И.О. Лоренц*

ВАКУУМНАЯ ПРОКАЛКА ФЛЮСА КАК МЕТОД СНИЖЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ДИФФУЗИОННОГО ВОДОРОДА В НАПЛАВЛЕННОМ МЕТАЛЛЕ ПРИ АДФ-СВАРКЕ

*A.M. Levchenko, O.V. Panchenko, L.A. Zhabrev,
A.M. Metik, I.O. Lorents*

VACUUM REBAKING AS A METHOD FOR DIFFUSIBLE HYDROGEN REDUCING IN SAW WELD METAL

В работе проведено исследование влияния температуры нагрева и наличие вакуума в печи при прокатке агломерированного флюса на остаточное содержание гигроскопической влаги в нем и содержание диффузионного водорода в наплавленном металле при помощи сварки под флюсом. По результатам исследования предложен альтернативный режим технических условий режим прокатки флюса в вакууме. Данный режим позволяет достичь схожих значений содержания гигроскопической влаги во флюсе и количества диффузионного водорода в наплавленном металле при снижении температуры и длительности прокатки. Получена зависимость изменения массовой доли испарившейся из флюса влаги при различной высоте слоя флюса от времени прокатки и данные о гидратации сварочного агломерированного флюса на воздухе. На основе этих данных сделаны рекомендации по хранению флюса до его непосредственного использования. Предложены варианты увеличения эффективности прокатки сварочного флюса.

ПРОКАЛКА; СВАРОЧНЫЙ АГЛОМЕРИРОВАННЫЙ ФЛЮС; ДИФФУЗИОННЫЙ ВОДОРОД; ГИГРОСКОПИЧНАЯ ВЛАГА; ГИДРАТАЦИЯ; АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА.

This paper devoted to research of influence of heat temperature and vacuum furnace during heat treatment of agglomerated welding flux on the diffusible hydrogen content in submerged arc weld metal. As result alternative mode of flux heat treatment in vacuum is offered. This mode allows to achieve similar value of hygroscopic moisture content in flux and diffusible hydrogen amount in weld metal during temperature decreasing and heat treatment duration. Hydration of agglomerated welding flux on air data and dependence of evaporated mass proportion with variative flux depth from time of heat treatment are obtained. The results of investigation allowed to make a recommendation about flux storing up to using. Variants of flux heat treatment efficiency are proposed.

FLUX HEAT TREATMENT, AGGLOMERATED WELDING FLUX, DIFFUSIBLE HYDROGEN, MOISTURE, HYDRATION, SUBMERGED ARC WELDING.

Введение

В России увеличиваются объемы использования автоматической дуговой сварки под флюсом. При этом прослеживается тенденция к увеличению объема использования керамических (агломерированных) флюсов, так как они обладают рядом преимуществ перед плавными: возможностью варьировать химический состав флюса и легировать металл сварного шва в более широких пределах, вести сварку по окисленным кромкам; расход керамического флюса ниже расхода плавного стекловидного флюса. Основным недостатком керамических сварочных флюсов по отношению к плавным — их гигроскопичность из-за большей площади поверхности гранул. Это заставляет проводить предварительную прокатку керамического флюса при температурах 275–

325 °С, тогда как для прокатки плавных достаточно температур 150–250 °С [1]. Снижение времени и температуры прокатки флюса — актуальная задача сварочной отрасли.

Одним из решений данной проблемы является прокатка флюса в вакууме. Она может позволить увеличить скорость дегидратации даже при условии снижения температуры прокатки. При этом эффективность процесса прокатки может возрасти. В работе необходимо было оценить снижение времени и температуры дегидратации керамического сварочного флюса при прокатке в вакуумной и атмосферной печи.

Поскольку расчетные методы определения дегидратации сварочного флюса требуют знания его точного химического состава, который на практике может варьироваться в достаточно ши-

роких пределах даже для одной марки, было решено произвести оценку эффективности вакуумной прокатки на основе результатов серии экспериментов по определению влажности флюса и количества диффузионного водорода в наплавленном металле при различных условиях прокатки.

Целью данной работы была оценка снижения времени и температуры дегидратации керамического сварочного флюса при прокатке в вакуумной и атмосферной печи.

В ходе работы проводилось экспериментальное определение следующего:

1) зависимостей массовой доли испарившейся из флюса влаги от температуры и времени прокатки, насыпной высоты флюса, наличия атмосферы или вакуума в печи;

2) содержания диффузионного водорода в металле, наплавленном при помощи автоматической сварки под флюсом, прокаленном в вакууме и при атмосферном давлении (режим ТУ).

Материалы и методики исследования. Испытания проводились на керамическом флюсе для дуговой сварки марки ChF-T2 производства ОАО «Челябинский трубопрокатный завод». В качестве основного документа, регламентирующего методы испытания, эталонные режимы прокатки и хранения, использовали ТУ на данную марку флюса.

Для определения массовой доли влаги во флюсе использовался гравиметрический метод определения гигроскопической влаги по ГОСТ 21639.1 [2], а для определения содержания диффузионного водорода в наплавленном металле — вакуумный метод по ГОСТ 23338.

Метод определения массовой доли влаги во флюсе заключается в определении изменения массы флюса до и после прокатки, разница в массе считается массой выделившейся влаги [3]. Измерения производились при помощи лабораторных аналитических весов A&D GH 120 с точностью 0,0001 г, контактная поверхность весов была теплоизолирована. Навеска флюса помещалась в предварительно прокаленные и взвешенные тигли или лодочки. Тигли и лодочки прокаливались в печи до остановки изменения их массы при той же температуре, при которой велась последующая прокатка флюса. Высота слоя флюса в тигле не превышала 50 мм [2]. Тигли и лодочки с навеской помещались

в печь, разогретую до заданной для конкретного опыта температуры. Масса тиглей с навеской определялась каждые полчаса. Каждая серия испытаний флюса проводилась на трех навесках параллельно [3].

Прокатка флюса в вакууме осуществлялась при помощи вакуумного сушильного шкафа Binder VD 23 в комплекте с химической вакуумной системой Vacuubrand MZ 2C NT +2AK [4]. Предельный вакуум, создаваемый данной установкой, составляет 7 мм рт. ст. Прокатка флюса на режиме ТУ осуществлялась в печи, температура в которой дополнительно контролировалась поверенным мультиметром APPA-305, укомплектованным термопарой К-типа (хромель — алюмель).

Расчет количества гигроскопической влаги во флюсе производился по следующей формуле [3]:

$$w = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_T)} 100 \%, \quad (1)$$

где w — массовая доля гигроскопической влаги, %; m_1 — масса тигля с навеской до испытания, г; m_2 — масса тигля с навеской после испытания, г; m_T — масса тигля (тары), г.

Метод определения содержания диффузионного водорода в наплавленном металле основан на сборе выделяющегося водорода из образца в вакуумную камеру, соединенную с манометром. Объем выделившегося водорода определяют с учетом объема камеры и изменения в ней давления за счет выделившегося водорода. Дегазация образца выполняется при комнатной температуре [5].

Наплавку выполняли на следующих режимах: сварочный ток — 320–340 А; напряжение дуги — 35 В; скорость сварки — 25 м/час; полярность — обратная [2, 5]. Наплавочные работы выполнялись при помощи сварочной проволоки PITTARC S3MoTiV диаметром 4 мм (содержание остаточного водорода 0,05 ppm) и сварочного автомата АДС 1000–2 с источником питания ВДУ 1201.

После помещения образца с наплавкой в вакуумную камеру и 5 суток выдержки фиксировалась разность уровней жидкости в манометре с погрешностью $\pm 0,5$ мм [5].

Для расчета содержания водорода использовалась формула [5]

$$[H] = \frac{k(V_k - V_{об})(h - h_{хп})10}{Tm_{нм}}, \quad (2)$$

где k — коэффициент перевода для камер участвовавших в эксперименте, $k = 0,278$ К/мм; V_k — объем камеры, мм³; $V_{об}$ — объем образца, мм³; h — разница уровней столбов жидкости в жидкостном манометре, мм; $h_{хп}$ — холостая поправка, мм; T — температура, К; $m_{нм}$ — масса наплавленного металла, г.

В первой серии экспериментов определили максимальную массовую долю гигроскопической влаги во флюсе, которая может быть удалена при 5 заданных температурах прокалики: на режиме ТУ — 325 °С при атмосферном давлении; при температурах 90, 120, 150 и 180 °С в вакууме глубиной 7 мм рт. ст. Флюс прокаливался в лодочках, высота слоя флюса не превышала 7 мм. Испытания проводились до прекращения изменения массы навесок.

Экспериментальная часть. Значения максимальной массовой доли гигроскопической влаги, выделившейся из флюса при заданной температуре:

$T, ^\circ\text{C}$	$w, \%$
90 (вакуум 7 мм рт.ст.).....	0,075±0,008
120 (вакуум 7 мм рт.ст.).....	0,071±0,009
150 (вакуум 7 мм рт.ст.).....	0,080±0,008
180 (вакуум 7 мм рт.ст.).....	0,090±0,011
325 (атмосферное давление)....	0,101±0,013

Результаты опытов показывают, что наибольшее количество влаги может быть удалено при температуре 325 °С в атмосферной печи. Значения массовой доли испарившейся влаги при прокалке при 180 °С в вакууме глубиной 7 мм рт. ст., позволяет рассматривать данный режим как альтернативу режиму ТУ.

Во второй серии экспериментов определили изменение во времени массовой доли гигроскопической влаги во флюсе; при этом максимальное время прокалки было ограничено 2 часами (соответствует режиму ТУ) [6]. Режимы прокалки (температура и давление) были идентичны режимам прокалки первой серии экспериментов. Масса тиглей измерялась каждые 30 минут. Экспериментальные данные и графические зависимости изменения массовой доли влаги во флюсе от времени приведены в табл. 1 и на рис. 1.

Эксперимент показал, что при прокалке в вакууме (7 мм рт. ст.) при температуре 180 °С массовая доля выделившейся в течение 2 часов влаги больше, чем при прокалке в атмосферной печи на режиме ТУ (325 °С).

Для оценки влияния высоты слоя флюса на испарение влаги использовались данные, полученные по прокалке флюса при фиксированной температуре в различной лабораторной посуде — лодочках (высота слоя 7 мм) и тиглях с высотой слоя 30, 40 и 50 мм. Данную часть эксперимента проводили при температуре прокалки 120 °С.

Средние значения массовой доли испарившейся влаги, полученные в ходе данного эксперимента, приведены в табл. 2. По этим значениям построены временные зависимости выделения влаги при температуре 120 °С в вакууме глубиной 7 мм рт. ст. от высоты слоя флюса (рис. 2).

Как видно из рис. 2, кривая, соответствующая высоте слоя 7 мм, отличается от остальных интенсивностью выделения влаги за счет большего отношения площади поверхности к объему навески. Остальные кривые носят очень похожий характер и лежат значительно ниже. При

Таблица 1

Средние значения массовой доли испарившейся влаги в течение времени

$T, ^\circ\text{C}$	Массовая доля $w, \%$, в разные моменты времени t , мин			
	30	60	90	120
90 (вакуум 7 мм рт. ст.)	0,014	0,018	0,022	0,023
120 (вакуум 7 мм рт. ст.)	0,022	0,029	0,033	0,035
150 (вакуум 7 мм рт. ст.)	0,029	0,035	0,038	0,042
180 (вакуум 7 мм рт. ст.)	0,036	0,044	0,049	0,050
325 (воздух)	0,039	0,042	0,044	0,045

высоте слоя навески 50 мм после прокалки в течение 2 часов во флюсе остается около 50 % влаги относительно максимального возможного выхода при данной температуре: при высоте слоя 40 мм — 41 %, при высоте слоя 30 мм — 38 %.

Зависимость количества диффузионного водорода от влажности флюса определялась на четырех сериях экспериментов. В первой серии флюс для сварки использовался в состоянии поставки, во второй — использовался насыщенный флюс. В третьей — после прокалки на режиме ТУ (2 часа 325 °С при атмосферном давлении), в четвертой — после прокалки при 180 °С в вакууме глубиной 7 мм рт. ст. в течение 1,5 часов.

Массовая доля влаги во флюсе в состоянии поставки равнялась массовой доле влаги, испарившейся при температуре 325 °С (наибольшее среднее значение, полученное в ходе предыдущих экспериментов) [7]. Массовая доля влаги во флюсе в состоянии поставки составила $w_{\text{сп}}^* = 0,101$ %.

Значения массовых долей оставшейся влаги во флюсе после прокалок считались как разница массовой доли влаги во флюсе в состоянии поставки и массовой доли удаленной влаги:

$$w_{\text{ТУ}}^* = 0,101 - 0,045 = 0,056 \text{ \%};$$

$$w_{180}^* = 0,101 - 0,049 = 0,052 \text{ \%},$$

где $w_{\text{ТУ}}^*$ — массовая доля оставшейся влаги после прокалки на режиме ТУ, %; w_{180}^* — массовая доля оставшейся влаги после прокалки при 180 °С в вакууме глубиной 7 мм рт. ст. в течение 1,5 часов, %.

Насыщение флюса проводилось в плоской посуде в помещении с повышенной влажностью воздуха, которая колебалась от 13 до 17 г/м³. По

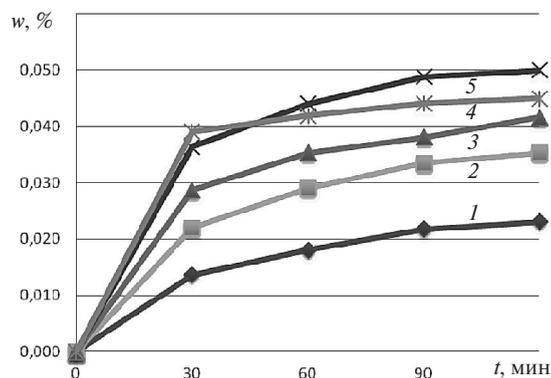


Рис. 1. Зависимость изменения массовой доли испарившейся влаги из флюса при заданной температуре от времени прокалки: 1 — 90 (вакуум 7 мм рт. ст.); 2 — 120 (вакуум 7 мм рт. ст.); 3 — 150 (вакуум 7 мм рт. ст.); 4 — 180 (вакуум 7 мм рт. ст.); 5 — 325 (воздух)

истечении 7 суток были проведены опыты по измерению содержания водорода в наплавленном металле и влаги во флюсе. В процессе насыщения влагой строго контролировалось отсутствие прямого контакта флюса с водой, толщина слоя флюса не превышала 50 мм. Результаты эксперимента приведены в табл. 3 и на рис. 3.

Значения содержания водорода в наплавленном металле и содержания влаги во флюсе с коэффициентом достоверности 0,92 принадлежат прямой $[H] = 66,1w + 3,0$.

В ходе эксперимента были получены сведения о гидратации флюса после прокалки на воздухе. После проведения прокалки флюс пересыпался в тигли с комнатной температурой и оставлялся на определенное время на воздухе.

При нахождении на воздухе с относительной влажностью 30 % в течение 1 часа навеска с флюсом высотой до 7 мм поглощает влагу, массовая

Таблица 2

Средние значения массовой доли испарившейся влаги при температуре 120 °С в вакууме глубиной 7 мм рт. ст. в различной лабораторной посуде

h, мм	Массовая доля w, %, в разные моменты времени t, мин			
	30	60	90	120
50	0,022	0,029	0,033	0,035
40	0,025	0,036	0,040	0,042
30	0,028	0,039	0,042	0,044
7	0,053	0,071	0,071	0,071

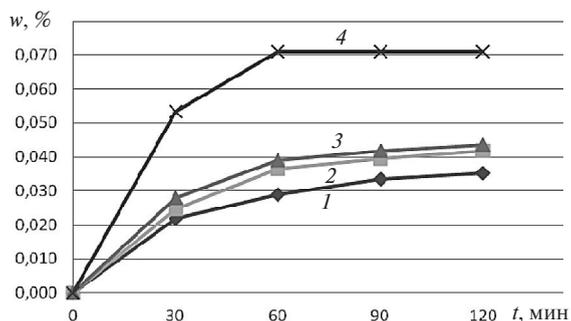


Рис. 2. Зависимости изменения массовой доли испарившейся из флюса влаги от времени прокалики в вакууме глубиной 7 мм рт. ст. при температуре 120 °С при различной высоте слоя флюса: 1 — 50 мм; 2 — 40 мм; 3 — 30 мм; 4 — 7 мм

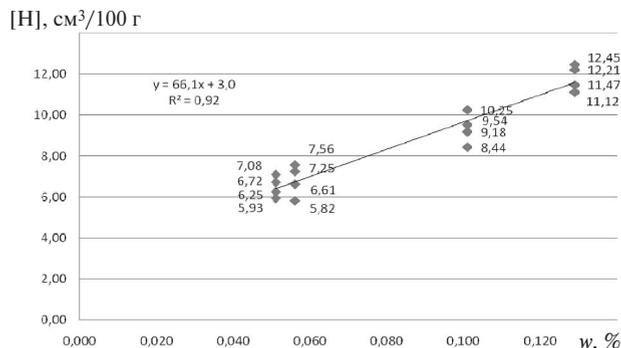


Рис. 3. Зависимости содержания диффузионного водорода в наплавленном металле от количества влаги в сварочном флюсе

Таблица 3

Зависимость содержания диффузионного водорода в наплавленном металле от количества влаги во флюсе

Вид флюса	w, %	[H], см³/100 г
Насыщенный	0,129	11,81±1,08
В состоянии поставки	0,101	9,35±1,31
Вакуум 1,5 часа при 180±1°С	0,056	6,81±1,33
Воздух 2 часа при 325±5°С	0,052	6,50±0,88

доля которой достигает 0,011 %, а в течение 12 часов — 0,040 %. В тех же условиях навеска с флюсом высотой 50 мм поглощает влагу, массовая доля которой достигает 0,009 %, а в течение 12 часов — 0,032 %.

Выводы

Экспериментально показана эффективность прокалики сварочного керамического флюса в вакууме для снижения массовой доли влаги в нем и количества диффузионного водорода в наплавленном

металле. В качестве режима, альтернативного прокалике по ТУ и обеспечивающего как сопоставимую влажность флюса, так и содержание диффузионного водорода в наплавленном металле, следует считать режим прокалики при температуре 180 °С в течение 1,5 часов при давлении в печи 7 мм рт. ст.

Другой способ увеличения эффективности прокалики — это уменьшение толщины слоя флюса. При хранении флюса следует увеличить толщину слоя для снижения скорости диффузии влаги вглубь объема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бублик О.В., Чамов С.В. Преимущества и недостатки керамических (агломерированных) флюсов по сравнению с плавными флюсами аналогичного назначения // Сварочное производство. 2009. №2. С. 27–30.
2. ГОСТ 21639.1-90. Флюсы для электрошлакового переплава. Методы определения содержания влаги.
3. ТУ 5929-025-00186654-2011. Флюс сварочный агломерированный для дуговой сварки марки ChF-T2.

4. Binder VD 23. Operating manual: руководство по эксплуатации. — Б.м., б.г. 80 р.
5. ГОСТ 23338-91. Сварка металлов. Методы определения содержания диффузионного водорода в наплавленном металле и металле шва.
6. Потапов Н.Н. Основы выбора флюса при сварке сталей. М., Машиностроение, 1979.
7. Гончаров И.А., Пальцевич А.П., Токарев В.С. [и др.]. О форме существования водорода в сварочных плавных флюсах // Автоматическая сварка. 2001. №4. С. 28–32.

REFERENCES

1. **Bublik O.V., Chamov S.V.** Preimushchestva i nedostatki keramicheskikh (aglomerirovannykh) flyusov po sravneniyu s plavlennymi flyusami analogichnogo naznacheniya [Advantages and disadvantages of agglomerated fluxes compared with fused fluxes with similar functionality]. *Svarochnoye proizvodstvo*. 2009. №2. S. 27–30. (rus.)
2. **GOST 21639.1-90.** Flyusy dlya elektroshlakovogo pereplava. Metody opredeleniya soderzhaniya vlagi [Fluxes for electroslag remelting. Methods for determining moisture content]. (rus.)
3. **TU 5929-025-00186654-2011.** Flyus svarochnyy aglomerirovanny dlya dugovoy svarki marki ChF-T2 [Agglomerated welding flux for arc welding brand ChF-T2]. (rus.)
4. **Binder VD 23.** Operating manual: [rukovodstvo po ekspluatatsii. — B.m., b.g]. 80 p. (rus.)
5. **GOST 23338-91.** Svarka metallov. Metody opredeleniya soderzhaniya diffuzionnogo vodoroda v naplavlennom metalle i metalle shva [Welding of metals. Methods for determination of diffusible hydrogen in deposited weld metal and fused metal]. (rus.)
6. **Potapov N.N.** Osnovy vybora flyusa pri svarke stal-ey [Flux for steel welding selection principles]. M.: Mashinostroyeniye, 1979. (rus.)
7. **Goncharov I.A., Paltsevich A.P., Tokarev V.S. [i dr.].** O forme sushchestvovaniya vodoroda v svarochnykh plavlennykh flyusakh [About hydrogen existence form in fused (agglomerated) welding flux]. *Avtomaticheskaya svarka*. 2001. №4. S. 28–32. (rus.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ЛЕВЧЕНКО Алексей Михайлович — кандидат технических наук доцент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29. E-mail: vaskapi@yandex.ru

ПАНЧЕНКО Олег Владиславович — кандидат технических наук ассистент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29. E-mail: mr_o_p@mail.ru

ЖАБРЕВ Леонид Анатольевич — аспирант Санкт-Петербургского государственного технологического института. 190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26. E-mail: leozhabrev@mail.ru

МЕТИК Анастасия Михайловна — студент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29. E-mail: tusia71@yandex.ru

ЛОРЕНЦ Илья Олегович — студент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29. E-mail: iliya_93@inbox.ru

AUTHORS

LEVCHENKO Aleksei M. — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia. E-mail: vaskapi@yandex.ru

PANCHENKO Oleg V. — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia. E-mail: mr_o_p@mail.ru

ZHABREV Leonid A. — St. Petersburg Institute of Technology (Technical University). 26, Moskovskiy prospect, St. Petersburg, Russia, 190013. E-mail: leozhabrev@mail.ru

METIK Anastasiya M. — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia. E-mail: tusia71@yandex.ru

LORENTS Iliya O. — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia. E-mail: iliya_93@inbox.ru

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ «НИКЕЛЬ — КАРБИД ТИТАНА»

G.V. Galevsky, V.V. Rudneva, A.K. Garbuzova

ELECTRODEPOSITION, STRUCTURE AND PROPERTIES OF A COMPOSITE COVERING «NICKEL — TITANIUM CARBIDE»

Исследованы условия электроосаждения, структура и физико-механические свойства (микротвердость, сцепление с основой, внутренние напряжения, износостойкость, токи коррозии) гальванических композиционных покрытий на основе никеля с нанопорошком (НП) карбида титана (размерный диапазон 0,02–0,08 мкм) и его микропорошком (МП) (1–5 мкм). Установлено, что при электроосаждении никеля из электролита-суспензии металлический никель сначала осаждается на наночастицах, взвешенных в электролите, после чего наночастицы прочно прикрепляются к подложке, легко и равномерно вырастают в осадок. В отличие от микропорошка, нанопорошок карбида не только является наполнителем, но и выступает в качестве сильного структурообразователя в процессе электрокристаллизации никеля и обеспечивает ее массовый многозародышевый характер, что приводит к образованию покрытий с малыми размерами структурных фрагментов характерного матового цвета, практически беспористых, с повышенными физико-механическими свойствами. Покрытие Ni — НП TiC может быть рекомендовано для антикоррозионной защиты и упрочнения деталей, работающих на износ при средних окружных скоростях и невысоких удельных нагрузках.

НИКЕЛЬ; КАРБИД ТИТАНА; КОМПОЗИЦИОННОЕ ПОКРЫТИЕ; ЭЛЕКТРОЛИТ — СУСПЕНЗИЯ; СТРУКТУРА; СВОЙСТВА.

Electrodeposition conditions, structure, as well as physical and mechanical properties (microhardness, coupling with a basis, internal tension, wear resistance, corrosion currents) of galvanic composite coverings on the basis of nickel with nanopowder (NP) of titanium carbide (dimensional range (0,02 — 0,08 microns)) and its micropowder (MT) (1 — 5 micron) are investigated. It is established that at electrodeposition of nickel from electrolyte — suspension metal nickel at first is besieged on the nanoparticles weighed in electrolyte, then nanoparticles are strongly attached to a substrate, easily and evenly growing into a deposit. Unlike micropowder, nanopowder of carbide is not only a filler, acting as a strong structure-forming agent in the course of electrocrystallization of nickel and providing its mass multigerminial character that leads to formation of coverings with small sizes of structural fragments, characteristic opaque color, almost pore-free with the increased physical and mechanical properties. The coverings contain, %: Ni — 97,39; O — 1,79; Ti — 0,65; C — 0,17. Annealing of the coverings in vacuum promotes the increase of their coupling with a basis by 1,3 times, microhardness by 1,2 times, wear resistance by 1,3 times. Covering Ni — NP TiC can be recommended for anticorrosive protection and hardening of the details working very hard at average district speeds and low specific loadings.

NICKEL, TITANIUM CARBIDE, COMPOSITE COVERING, ELECTROLYTE — SUSPENSION.

Введение

Электроосаждаемые, или гальванические, композиционные покрытия (ГКП) формируют-

ся при осаждении металла в виде тонкого слоя на изделия с электропроводящей поверхностью из электролитов — суспензий, содержащих дисперсную фазу. Технология композиционного