

- A.V. Chalenko // Stal. – 1956. – № 7. – P. 652-653. (Rus.)
3. Umanskiy V.B. Strengthening of iron and steel facilities parts / V.B. Umanskiy, A.A. Kostenko, Yu.T. Hudik. – M. : Metallurgiya, 1991. – 176 p. (Rus.)
 4. Artyuh V.G. Fundamentals of protection of iron and steel machine parts from failure : monograph / V.G. Artyuh. – Mariupol : Universitet, 2015. – 288 p. (Rus.)
 5. Nikolaev G.A. Evaluation of welded structures and strength properties of weldments : monograph / G.A. Nikolaev. – M. : Vysshaya shkola, 1965. – 451 p. (Rus.)

Рецензент: В.И. Щегина
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 11.11.2015

УДК 621.793.02

© Роянов В.А.¹, Захарова И.В.²

ИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Показано, что процесс нанесения покрытий электродуговой металлизацией порошковыми проволоками может применяться для ремонта и восстановления деталей машин металлургического оборудования. Представлена технология напыления деталей порошковой проволоки Steelcored M8TUV; T462MMIN5 и комбинациями проволок из стали и алюминия для восстановления валов-шестерен, валов-балок, осей для кранов литейного цеха на Молдавском металлургическом заводе. Приведен состав порошковых проволок ПММ-2,3, разработанных на кафедре Оборудования и технологии сварочного производства ПГТУ, обеспечивающий требуемую твердость и прочность сцепления покрытий с основой, результаты исследования свойств покрытий. Порошковая проволока применена для опытно-промышленной металлизации поверхности валков дрессировочной клетки стана холодного проката на ОАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича». Остаточная толщина покрытия составила от 15 до 25 мкм. Проводился прокат полосы 0,9×1025 мм, с режимом обжатия 0,8...1,0%.

Ключевые слова: электродуговая металлизация, порошковая проволока, прочность сцепления, условия нагружения, твердость покрытия, износостойкость покрытия, вал-шестерен, вал-балка, бочка рабочего вала, толщина покрытия, режим обжатия.

Роянов В.А., Захарова И.В. 3 досвідів застосування електродугового напилення для відновлення та ремонту деталей металургійного устаткування. Наведено, що процес нанесення покриттів електродуговим напиленням порошковими дротами може використовуватися для ремонту і поновлення деталей машин металургійного обладнання. Представлена технологія напилення деталей порошковим дротом Steelcored M8TUV; T462MMIN5 та комбінаціями дротів із сталі та алюмінію для поновлення валів-шестерен, валів-балок, осей для кранів ливарного цеху на Молдавському металургійному заводі. Наведено склад порошкових дротів ПММ-2,3, розроблених на кафедрі Обладнання і технології зварювального виробництва ПДТУ, забезпечуючих необхідну твердість і міцність зчеплення покриттів з основою, результати дослідження властивостей покриттів. Порошкові дроти

¹ д-р техн. наук, профессор ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Zakharova_i_v@pstu.edu

² канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

залучені до дослідно-промислового напилення поверхні валків дресуючої кліті стану холодного прокату на ПАТ «Металургійний комбінат ім. Ілліча». Залишкова товщина покриття склала від 15 до 25 мкм. Проводився прокат смуги $0,9 \times 1025$ мм з режимом обтиску 0,8...1,0%.

Ключові слова: електродугова металізація, порошковий дріт, міцність зчеплення, умови навантаження, твердість покриття, зносостійкість покриттів, вал-шестерен, вал-балка, бочка робочого покриття, режим утиснення.

V.A. Royanov, I.V. Zakharova. Electric arc spraying for restoration and repair of metallurgical equipment parts. It has been shown that the electric arc spraying with the use of powder wires can be used to repair and restore parts of metallurgical equipment. The technology of spraying parts by means of the cored wire Steelcored M8TUV; T462MMIN5 and combinations of steel and aluminum wires to restore shaft-gears, shaft-beams, cranes axles for the foundry of the Moldavian Metallurgical Plant has been introduced. The composition of the flux-cored wires MMP-2,3 developed at the Department of Equipment and welding production technology of PSTU that provides the required hardness and adhesion of the coating and the substrate have been shown and the results of the coatings properties studies have been published. Studies have shown matching properties of the coatings to be used for details of the metallurgical equipment working under difficult conditions, including the rolls of rolling mills. Cored wire was used for pilot plating of the rolls surface of the skin-rolling stand at the cold-rolling mill at Ilich Steel and Iron Works, Mariupol. Residual coating thickness ranged from 15 to 25 microns. Strip sized $0,9 \times 1025$ mm has been rolled, the squeezing is equal to 0,8...1,0%.

Keywords: electric arc spraying, cored wire, adhesive strength, loading conditions, coating hardness, wear resistance, shaft-gears, shaft-beam, work roll, the thickness of the coating, squeezing.

Постановка проблеми. Ремонт и восстановление деталей металлургического оборудования в настоящее время проводят применением электродуговой наплавки ручным и автоматизированным способом. Это приводит в некоторых случаях к деформациям, структурным изменениям в металле за счет термического воздействия. Применение электродугового напиления исключает термическое воздействие на деталь и позволяет получать высокоизносостойкую поверхность на деталях металлургического оборудования.

Анализ последних исследований и публикаций. Порошковые проволоки, как электродный материал для электродуговой металлизации (ЭДМ), находят все более широкое применение благодаря своим достоинствам: практически неограниченные возможности по варьированию состава; возможности использовать материалы, которые невозможно ввести в состав электродного материала цельнотянутых металлических проволок. Вместе с тем, номенклатура таких проволок в настоящий момент достаточно ограничена. Все это определяет актуальность работ по заявленной тематике [1-3].

Одним из перспективных направлений модернизации составов материалов для нанесения износостойких покрытий методом ЭДМ является увеличение контактной температуры за счет повышения теплосодержания напыляемых частиц в результате улучшения условий нагрева, применения частиц композиционных порошков с внутренними источниками тепла, дополнительного энергозвложения в зону формирования покрытия при одновременном обеспечении получения в напыляемом покрытии структурных составляющих, обеспечивающих их высокую износостойкость в конкретных условиях эксплуатации [4].

На кафедре Оборудования и технологии сварочного производства проводится комплекс научно-исследовательских работ по разработке и модернизации составов порошковых проволок для нанесения износостойких покрытий методом ЭДМ [2, 5, 6]. Решение поставленных задач достигается путем введения в состав шихты порошковой проволоки компонентов, которые при относительно невысокой стоимости и доступности обеспечивают повышение теплосодержания частиц на стадии их формирования и транспортировки к напыляемой поверхности. По результатам проведенных исследований получено ряд патентов Украины и России на разработанные составы порошковых проволок. Разработанные составы порошковых проволок прошли

опытно-промышленное опробование. В настоящей статье представлены результаты применения порошковых проволок для восстановления и ремонта деталей металлургического оборудования методом электродуговой металлизации.

Цель статьи – обмен опытом и представление результатов применения электродугового напыления порошковыми проволоками для восстановления и ремонта деталей металлургического оборудования.

Изложение основного материала. Процесс электродуговой металлизации (ЭДМ) все более активно находит применение для восстановления деталей металлургического оборудования. На Молдавском металлургическом заводе совместно с кафедрой ОиТСП ГВУЗ «ПГТУ» разработаны технология и материалы для восстановления деталей, работающих в сложных условиях, и проведены исследования прочности сцепления при сложных нагрузках. Работа выполнена с применением метода электродугового напыления порошковыми и комбинированными проволоками на оборудовании научно-производственной фирмы ANSTEC-MET slr. [2, 5, 6].

В качестве материала для напыления применялась порошковая проволока STEELCORED M8 TUV:T462MM1H5 (Австрия) и комбинация совместного распыления проволок из стали (CB-08A) и алюминия АД1. Ниже приведены химический состав и технологические характеристики материалов.

Порошковая проволока - STEELCORED M8 (TUV:T462MM1H5; EN 758; диаметр 2 мм).

Состав: С – 0,04-0,09; Mn – 1,10-1,60; Si – 0,55-0,85; S – <0,02; P – <0,02.

Режим напыления U=32В, I=95А, Pвоз=5,5атм. Расчетная твердость напыленного слоя – 390-420HV. Предполагаемая прочность сцепления >46МПа. Материал напыления: сталь+алюминий 40%-60%, диаметр 2 мм. Режим напыления U=30В, I=85А, Pвоз=5,5атм. Предполагаемая прочность сцепления >35МПа

Твердость напыляемого слоя контролировали на образцах – темплетях, вырезанных механическим способом из напыленных деталей (рис. 1).

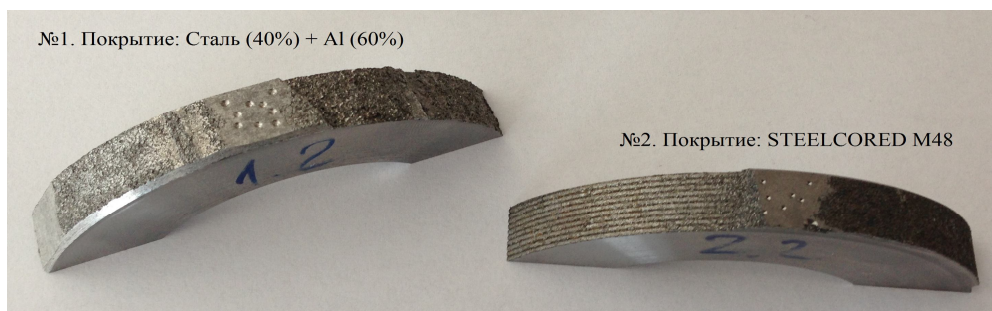


Рис.1 – Внешний вид образцов для определения твердости покрытия

Уровень твердости покрытия на поверхности деталей соответствует запланированным данным.

Проведенный спектральный анализ позволил установить соответствие планируемого химического состава покрытия с незначительным отклонением в пределах допустимого разброса.

Применяемый материал за счет экзотермических процессов (Al+Fe+O₂ воздуха) обеспечивает высокую прочность сцепления образованием точек сварки в зоне перехода покрытие – основной металл (рис. 2).

Примечание ЭД напыления позволило увеличить стойкость деталей за счет увеличения жаропрочности поверхности камеры дожигания (газохода) ЭДП межремонтный период планируется увеличить с 400 до 500 плавков.

По факту на ММЗ напыляют в год:

- 18 вал-шестерен и вал-балок на блок стана 320/150, посадочные места под поворотную шайбу;

- 8 осей для кранов литейного цеха.

При затратах 5000\$ экономический эффект составил 56000\$.

На металлургическом комбинате им. Ильича, г. Мариуполь, проведена работа по напылению поверхности бочки рабочих валков дрессировочной клетки стана холодного проката.

Основной металл

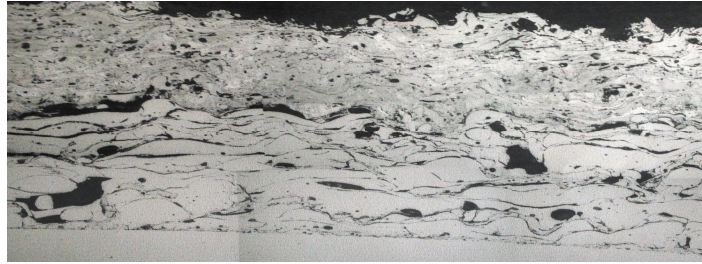


Рис. 2 – Микроструктура покрытия из зоны перехода при напылении проволоками: сталь+алюминий 40%-60%

Разработанные составы порошковых проволок обеспечивают прочность сцепления покрытий при чистом отрыве или срезе – не менее 50 МПа , а при совмещенных условиях нагружения (отрыв со срезом) – не менее 39 МПа . Разработанные составы порошковых проволок ППМ – 2,3 обеспечивают получение покрытий, содержащих 1,0...2,0%С; 4,0...10,0 Cr, 0,5...0,8Mn, 0,1...0,2Al. Для получения в составе покрытия оксидов, обладающих повышенной твердостью и прочностью, таких, как Al_2O_3 , Cr_2O_3 , предложено вводить в состав шихты порошковых проволок порошок алюминий и феррохром.

Сравнительные испытания износостойкости покрытий при трении металлических пар производились при сухом трении образцов цилиндрической формы с нанесенным на торце цилиндра покрытием. Режим испытаний: удельное давление – 50 кг/см^2 , скорость скольжения – 3,8...7,3 см/с, шероховатость поверхности покрытий перед испытаниями – $Rz=80$.

Полученные результаты исследований показывают, что покрытия из разработанных составов порошковых проволок обеспечивают износостойкость на уровне покрытий из дорогостоящих порошков металлов и нанесенных методом детонационного напыления, значительно превышают износостойкость покрытий, нанесенных проволоками сплошного сечения из сплавов типа X20H80, 10X16H25AM, обеспечивают высокую прочность сцепления покрытия с подложкой (адгезионную прочность) и невысокую себестоимость покрытий.

В условиях ЦХП ОАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» осуществлена опытно-промышленная металлизация поверхности валков дрессировочной клетки (2 шт. - №115 и №116) по разработанной технологии. Предварительно валки были шлифованы на профиль +0,09 (верх), +0,15 (низ) и подвергнуты дробеметной обработке. Внешний вид бочки валка приведен на рис. 3.



Рис. 3 – Внешний вид поверхности бочки рабочего валка дрессировочной клетки цеха холодного проката комбината им. Ильича после напыления и шлифовки

После нанесения покрытий толщиной 80..200 мкм произведена повторная шлифовка на значения до металлизации (+0,09 (верх), +0,15 (низ)) и выполнена дробеметная обработка на установке «Гостоп». Остаточная толщина нанесенного металла составила от 15 до 25 мкм. Замеры уровня шероховатости показали значения от 3,76 мкм (min) до 6,86 (max).

Подготовленные и собранные валки были завалены в клеть. Сортамент металла – полоса 0,9×1025 мм, режим обжатия – 1,0...0,8%. Вальцовщиками стана визуально определено заметное улучшение качества поверхности полосы и доведение его до уровня требований ТИ на дрессировку. За время испытания опытных валков отслоений и выкрашивания нанесенного слоя не отмечено.

Выводы

1. Разработана технология и опробованы составы порошковых проволок из недефицитных материалов для восстановления и ремонта деталей металлургического оборудования.

2. Использованные порошковые проволоки обеспечивают требуемую прочность сцепления покрытий, не менее 50 МПа при отрыве, высокий уровень износостойкости при трении металлических пар.

Список использованных источников:

1. Роянов В.А. Электродуговая металлизация как технология восстановления и упрочнения деталей машин и механизмов / В.А. Роянов, В.П. Семенов, С.А. Цыганков // Сб. тезисов докладов IV Всесоюзной НТК «Композиционные покрытия». – Житомир, 1991. – С. 38-39.
2. Роянов В.А. Экономнолегированные порошковые проволоки для электродугового напыления износостойких покрытий / В.А. Роянов, В.П. Семенов // Вестник Приазовского государственного университета : Зб. науч. тр. / ПГТУ. – Мариуполь, 1995. – № 1. – С. 157-160.
3. Роянов В.А. Электродуговая металлизация порошковыми проволоками – метод восстановления коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания / В.А. Роянов, В.П. Семенов, С.А. Цыганков // Сб. тезисов и докладов МНТК «Состояние и перспективы развития электротехнологии». – Иваново, 1991. – С. 84-86.
4. Роянов В.А. Тенденции развития и опыт применения порошковой проволоки для дуговой металлизации / В.А. Роянов, В.П. Семенов // Сб. тезисов докладов МНТК «Современные проблемы развития сварочного производства и совершенствования подготовки кадров». – Мариуполь, 1996. – С. 51-52.
5. Роянов В.А. Плавление электродов при дуговой металлизации / В.А. Роянов // Сварочное производство. – 1990. – № 2. – С. 35-38.
6. Захаров С.В. Остаточные напряжения и прочность сцепления покрытий при газотермическом напылении / С.В. Захаров, А.Н. Серенко, В.А. Роянов // Сварочное производство. – 2002. – № 3. – С. 8-11.

Bibliography:

1. Royanov V.A. Arc spraying as the technology of restoration and strengthening of machine parts and tools / V.A. Royanov, V.P. Semenov, S.A. Tsygankov // Abstracts of the IV All-Union STC «Composite coating». – Zhitomir, 1991. – P. 38-39. (Rus.)
2. Royanov V.A. Economically alloyed flux cored wires for electric arc spraying of wear-resistant coatings / V.A. Royanov, V.P. Semenov // Reporter of the Priazovskiyi state technical university : Collection of scientific works / PSTU. – Mariupol, 1995. – № 1. – P. 157-160. (Rus.)
3. Royanov V.A. Arc spraying by cored wires - recovery method for crankshafts of internal combustion engines / V.A. Royanov, V.P. Semenov, S.A. Tsygankov // Coll. of theses and reports IRTC «Status and perspectives of development of electrotechnology». – Ivanovo, 1991. – P. 84-86. (Rus.)
4. Royanov V.A. Trends in the development and application experience of cored wire for arc metalization / V.A. Royanov, V.P. Semenov // Coll. of abstracts IRTC «Modern problems of welding and improving quality of training». – Mariupol, 1996. – P. 51-52. (Rus.)
5. Royanov V.A. Melting of electrodes in arc metalization / V.A. Royanov // Welding production. – 1990. – № 2. – P. 35-38. (Rus.)
6. Zakharov S.V. Residual stresses and adhesion strength of coatings during thermal spraying / S.V. Zakharov, A.N. Serenko, V.A. Royanov // Welding Engineering. – 2002. – № 3. – P. 8-11. (Rus.)

Рецензент: С.В. Гулаков
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 23.10.2015