

ЗВАРЮВАЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО

УДК 669.02.09:621.791.75

© Лоза А.В.¹, Чигарев В.В.², Шишкін В.В.³, Рассохин Д.А.⁴

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СВАРКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЧАШИ ДОМЕННОГО ШЛАКОВОЗА

В работе выполнен анализ условий работы чаши доменных шлаковозов и основных методов увеличения прочности его корпуса. Обоснована целесообразность применения метода сварки для уменьшения деформации корпуса чаши. Использование ребер жесткости позволяет уменьшить образование дефектов, увеличить надежность и ресурс работы доменного шлаковоза.

Ключевые слова: шлаковоз, чаша, надежность, деформация, термические нагрузки, сварка.

Лоза А.В., Чигарев В.В., Шишкін В.В., Рассохин Д.А. Пристосування методу зварки для підвищення надійності чаші доменного шлаковозу. В роботі виконано аналіз умов праці чаш доменних шлаковозів та основних методів підвищення міцності його корпусу. Обґрунтована доцільність застосування методу зварки для зменшення деформацій корпусу чаші. Використання ребер жорсткості дозволяє зменшити виникнення дефектів, підвищити надійність та ресурс роботи доменного шлаковозу.

Ключові слова: шлаковоз, чаша, надійність, деформація, термічні напруги, зварка.

A.V. Loza, V.V. Chigarev, V.V. Shishkin, D.O. Rassokhin. Application of a method of welding for improvement of reliability of hoppers of slag carriages. Reliability of the design of slag carriages is of great importance, as these belong to transportation system of iron and steel works, operating with enhanced danger due to the necessity to carry molten materials. That is why it is required to eliminate the slightest possibility of any failures of emergency situations at operation of slag carriages. Presence of defects in the hopper's wall undermines its reliability and diminishes its service life. Hopper's wall undergo at operation tremendous mechanical and thermal loads. Heating over the temperature range 500-600C ° leads to appearance of residual deformations, it deteriorating exploitation conditions of a slag carrier. Overheating of separate sections of the casing can drastically deteriorate strength characteristics of the material, specified for the hopper's design. This leads to alternations of its original geometry. The existing methods of improvement of its strength are insufficient due to economic and technological reasons. For this reason a technical solution was proposed and tested, in which additional reinforcing ribs to be installed above the deformation area on the side surface of the hopper were presumed. The indicted area is characterized by the smallest heating temperature its exploitation temperature possesses higher strength characteristics than other sections. This feature was used for strengthening of a less strong adjoining deformation area, undergoing high heating temperature. Reinforcing ribs are made by foundry methods do not al-

¹ ст. преподаватель, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, loza_a_v@pstu.edu

² д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, chigarew07@rambler.ru

³ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, shishkin_V_V@pstu.edu

⁴ мл. науч. сотр., ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, radullik@yandex.ru

ways ensure the desired effect as they present the source of inner defects and formation of cracks. This is explained by formation of heat centres and T-shaped elements of casting, that are last crystallized and have no dense structure. That is why it was proposed to install welded reinforcing ribs for improved design of a slag carriers. The ribs are to be manufactured of steel rolled stock. This variant of installation of additional reinforcing ribs guarantees absence of internal casting defects within the area of ribs fixation and their high strength and reliability.

Key words: slag carrier, reliability, deformation, thermal loads, welding.

Постановка проблеми. Применение шлаковозов на металлургических предприятиях является важной составной частью технологии производства. Шлаковозы необходимы для удаления продуктов доменной плавки и обеспечения бесперебойной работы доменных печей. Важным вопросом является надежность конструкции шлаковоза, т.к. он относится к транспорту повышенной опасности из-за перевозки расплавленных материалов. По этой причине при работе шлаковоза необходимо исключить даже потенциальную возможность возникновения аварийных ситуаций. Наличие дефектов в стенке чаши шлаковоза снижает его надежность и уменьшает ресурс работы. Для недопущения образования дефектов требуется рассмотреть основные причины их возникновения и разработать эффективные мероприятия по их предотвращению.

Анализ последних исследований и публикаций. Особенности работы шлаковозов в литературе уделено мало внимания. Это объясняется тем, что шлаковозы относятся к вспомогательному оборудованию, которое на фоне основного, первостепенного по масштабам металлургического комбината (доменные печи), выглядит малозаметным. Вопросы стойкости шлаковозов рассмотрены в работах [1-3]. Преобладающая на предприятиях массовая технология производства чаш шлаковозов и основные виды их поломок практически не изменились за последние несколько десятков лет. Несмотря на это, единая точка зрения на рациональные методы эксплуатации данного оборудования и оптимальные способы его изготовления так и не сложилась.

Цель статьи – анализ причин возникновения деформации корпуса чаш доменных шлаковозов при эксплуатации с целью разработки предложений по усовершенствованию конструкции чаш и технологии их изготовления.

Изложение основного материала. Чаша доменного шлаковоза является основным элементом, который воспринимает максимальные нагрузки при эксплуатации. Тяжелые условия эксплуатации чаши определяются тем, что её внутренняя поверхность длительное время контактирует с расплавленным металлургическим шлаком с температурой 1500-1600°C. Необходимость приёма и транспортировки жидкого шлака к местам шлаковых отвалов (переработки) обуславливает циклический характер работы шлаковой чаши. Колебания температур за один цикл работы на наружной поверхности корпуса чаши достигают 600°C в первом цикле эксплуатации (после ввода в строй или ремонта), и 400-600°C в обычных режимах работы. Время одного цикла не является постоянным и изменяется от 2 до 5 часов, в зависимости от загрузки транспортных потоков металлургического предприятия и условий разгрузки на участке шлаковых отвалов. Продление цикла работы шлаковоза и дополнительные простои неблагоприятно сказываются на стойкости его чаши. Увеличение времени нахождения под горячим шлаком приводит к неравномерному увеличению температуры стенок корпуса чаши. В случае длительных простоев порожнего шлаковоза происходит снижение температуры корпуса чаши по всей поверхности. Оба указанных фактора приводят к увеличению диапазона колебаний температур в стенке корпуса чаши за один цикл термического нагружения и содействуют уменьшению ресурса работы чаши. Наиболее часто возрастают unplanned простои во второй половине срока службы шлаковозных чаш, когда требуется применение специальных методов по выбиванию шлаковых остатков или коржей из чаш с остаточной деформацией корпуса. Срок службы чаши при нормальных условиях эксплуатации (в режиме транспортировки жидких шлаков и без учета аварийных ситуаций) составляет в среднем 1,5-2 года. Во второй половине этого срока чаши используются с дефектом в виде «утяжки» (местная деформация стенки корпуса с прогибом во внутреннее пространство чаши, рис. 1).

Величина прогиба стенки относительно первоначальной геометрии может достигать

200 мм, что значительно усложняет технологию разгрузки чаш от коржевых остатков. Изменения начального профиля корпуса чаши препятствуют высыпанию остатков затвердевшего шлака из-за изменения конусности рабочей поверхности чаши. Кроме того, на деформированном участке толщина стенки уменьшается, снижается её прочность и возникают трещины, что недопустимо по условиям эксплуатации шлаковозов.

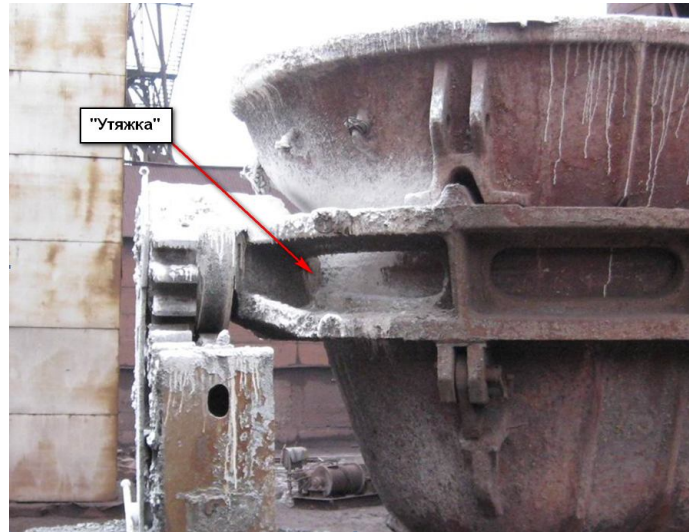


Рис. 1 – Фрагмент чаши шлаковоза с дефектом стенки «утяжка»

Утяжка образуется в местах наибольшего перегрева стенки корпуса чаши. Для эффективного противодействия развитию данного дефекта необходимо рассмотреть основные причины, которые приводят к его возникновению.

На внутренней поверхности чаши температура определяется перегревом и теплопроводностью загружаемого шлака. Эти теплофизические характеристики условно можно считать одинаковыми при рассмотрении работы одного шлаковоза. Наружная поверхность чаши в период заливки шлака и его транспортировки, как правило, имеет не одинаковую температуру и по высоте, и по периметру. Это объясняется различной толщиной стенки по высоте (рис. 2) и различными условиями теплоотвода от наружной поверхности, на которые влияют технология слива шлака и конструкция элементов транспортной платформы и опорного кольца, отражающих тепловой поток.

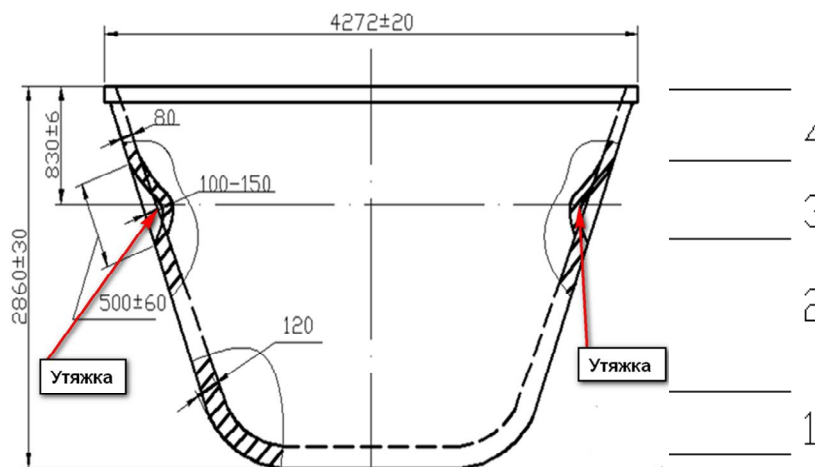


Рис. 2 – Эскиз чаши шлаковоза с деформированной стенкой: 1 – зона донной части чаши; 2 – зона боковой поверхности; 3 – зона образования утяжки; 4 – зона поверхности чаши выше утяжки

Наиболее высокая температура на наружной поверхности 620⁰С зафиксирована в районе поворотных цапф на уровне опорного кольца шлаковоза. Градиенты температур в корпусе чаши вызывают возникновение температурных напряжений, которые значительно превышают напряжения от механических нагрузок.

На прочность корпуса значительно влияют механические свойства материала, которые являются температурно зависимыми характеристиками. Поэтому перегрев отдельных участков корпуса может значительно снизить прочностные характеристики материала, заложенные в конструкцию чаши. Сложность условий эксплуатации определяет трудность выбора подходящего материала для изготовления чаши. Фактически требуется обеспечить в одном изделии сочетание высокой прочности и пластичности при повышенных температурах (для противодействия ударным нагрузкам при разгрузке шлаковоза), удовлетворительной термостойкости, хороших литейных свойств (требуемых на стадии изготовления) и незначительной стоимости материала. По совокупности характеристик, удовлетворяющих вышеперечисленным требованиям, наиболее подходящими являются углеродистые стали марок 30Л, 35Л, которые, в основном, и применяются в серийном производстве. Высокая температура нагрева значительно влияет на механические свойства материала чаш. На большей части площади корпуса наружная поверхность имеет температуру 400-450⁰С. Эта температура, вероятно, и заложена проектировщиками при конструировании, т.к. на большей части поверхности условие прочности корпуса и сохранения его первоначальной геометрии соблюдается.

Распределение температур на наружной поверхности корпуса чаши по опубликованным ранее данным [1] представлено на рис. 3.

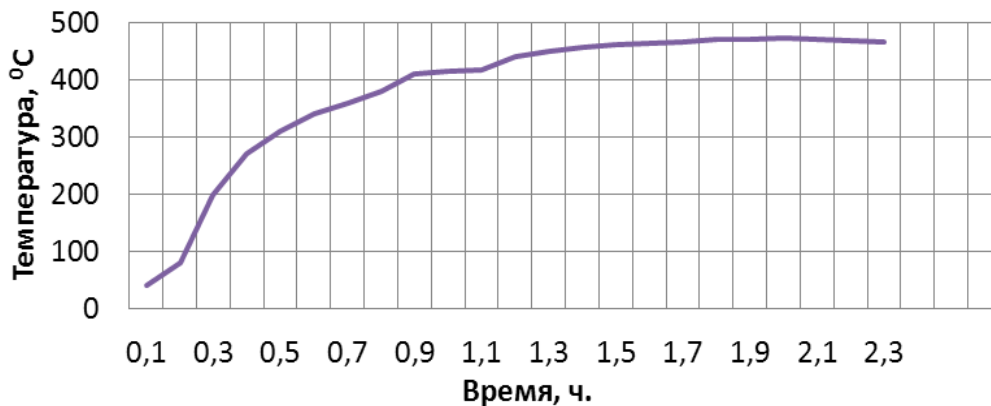


Рис. 3 – Изменение температуры стенки чаши при эксплуатации [1]

На внутренней рабочей поверхности чаши температура в зоне контакта с расплавленным шлаком может достигать 800-900⁰С. В таких случаях прочность корпуса обеспечивается [4] более высокими механическими свойствами наружных слоев материала стенки. Однако анализ механических свойств показывает [5], что при повышении температуры выше 580⁰С прочностные характеристики углеродистых сталей обвально снижаются (например, при температуре 600⁰С предел текучести стали почти в 3 раза ниже, чем при 500⁰С). В этом и заключается основная опасность местных перегревов корпуса чаши шлаковозов.

Перегревы корпуса выше 580⁰С, вероятно, не были заложены в конструкцию чаши. В связи с такими особенностями эксплуатации оборудования возникает необходимость в усовершенствовании его конструкции.

Представленная на рис. 3 зависимость температуры нагрева поверхности чаши от времени требует уточнения, т.к. условия её охлаждения не одинаковы по высоте и периметру. Замер температур наружной поверхности чаш, выполненный в разные периоды для различных доменных печей одного меткомбината, показывает, что на наружной поверхности чаш доменных шлаковозов при эксплуатации образуются четыре зоны (1-4, рис. 2) с характерным для них распределением температуры.

Для каждой из указанных областей характерен свой график изменения температуры поверхности от времени. Причем, эти графики зависят от конечных температур в предыдущем

цикле термического нагружения. Средние значения температур для четырех указанных зон, измеренные на боковой поверхности чаш в период нагрева (40 мин по окончании налива шлака) и перед сливом шлака из чаши, представлены на рис. 4. Результаты были получены авторами по итогам замеров, выполненных переносным пирометром типа «Rautek».

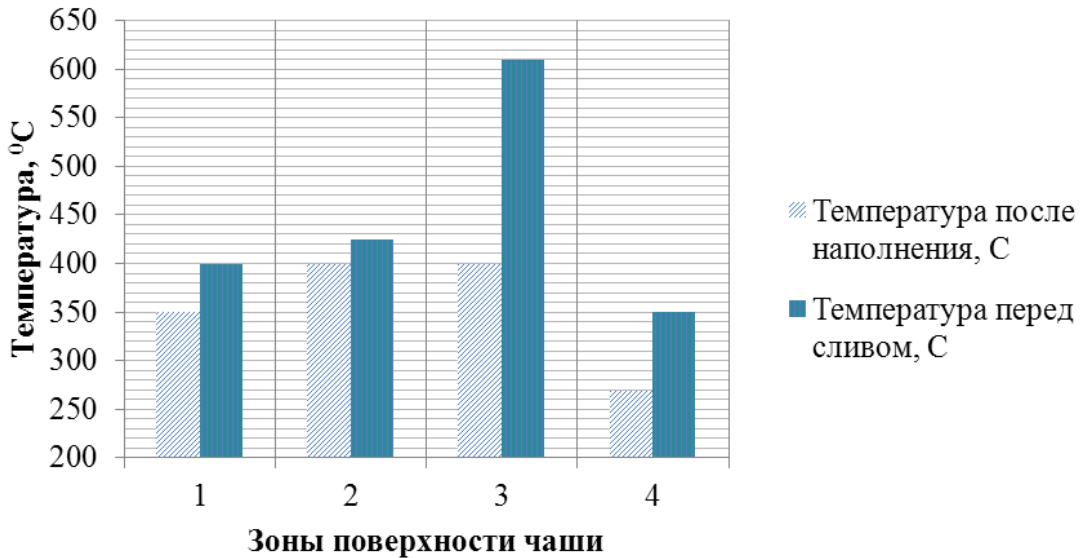


Рис. 4 – Температура стенки чаш в различных зонах в периоды наполнения жидким шлаком и перед разгрузкой

Сравнительный анализ полей распределения температур в корпусе чаш и дефектов в виде утяжки позволяет полагать, что главной причиной её возникновения является недостаточная прочность материала стенки в зоне наибольшего нагрева корпуса. Существует несколько принципиально различных методов уменьшения деформации чаш:

1. Общее легирование отливки химическими элементами с целью повышения механических и эксплуатационных свойств. Данное направление в металлургии не имеет перспектив применения (так же, как и увеличение толщины стенок чаши), что объясняется политикой снижения себестоимости на всех переделах производства.

2. Местное легирование отливок – имеет неплохие перспективы для развития, однако технология получения литых изделий и их дальнейшей обработки является неотработанной. Такая технология требует высокой точности исполнения, что в условиях металлургических цехов является не всегда возможным.

3. Применение многослойных стенок – позволяет решить проблему уменьшения деформаций литых изделий, но ее применение связано со значительным усложнением технологии производства и ремонта изделий, а также увеличением себестоимости продукции.

Все перечисленные методы не нашли промышленного применения по причине недостаточной отработанности и значительных финансовых затрат, в то время как требуется простая и надёжная технология. В связи с этим было предложено и опробовано техническое решение в виде дополнительных ребер жесткости, установленных выше зоны утяжки (зона 4). Указанная область характеризуется наименьшей температурой нагрева (рис. 4) и при температурах эксплуатации обладает более высокими прочностными свойствами по сравнению с другими участками. Этот факт был использован для усиления менее прочного соседнего участка утяжки с высокой температурой нагрева. Ребра жесткости, изготовленные методом литья, не всегда дают положительный результат, т.к. сами являются источниками внутренних дефектов и образования трещин. Это обусловлено образованием тепловых центров в Т-образных элементах отливки, которые кристаллизуются в последнюю очередь и имеют неплотную структуру. Поэтому при усовершенствовании конструкции чаши шлаковоза дополнительные ребра жесткости были выполнены сварными из стальных катаных заготовок. Такой вариант изготовления дополнительных ребер жесткости гарантирует отсутствие внутренних литейных дефектов в зоне креп-

ления ребер, их высокую прочность и надежность (рис. 5).



Рис. 5 – Фрагмент чаши с приваренными ребрами жесткости

Технология закрепления ребер методами сварки является несложной, недорогой и обеспечивает уменьшение прогибов стенки корпуса в несколько раз. Преимуществами такой технологии усиления прочности корпуса чаш являются доступность сварочных технологий и гибкость их применения (рёбра жесткости могут быть установлены как в момент изготовления новой чаши, так и в периоды промежуточных ремонтов). Промышленное опробование указанной технологии подтвердило возможность и рациональность применения такого решения для усиления прочности корпуса и увеличения надёжности чаш доменных шлаковозов.

Выводы

1. Деформации чаш доменных шлаковозов возникают из-за недостаточной прочности материала корпуса в результате местных перегревов выше температуры 580°C. Так как такие перегревы постоянно возникают при эксплуатации шлаковозов, требуется повысить их надежность и уменьшить образование дефектов.

2. Общеизвестные методы увеличения прочности корпуса чаш в настоящий период являются неприменимыми в связи со значительными затратами.

3. Одним из технических решений, которое позволяет уменьшить проблему образования утяжки (деформации корпуса), является применение дополнительных сварных рёбер жесткости. Для этого необходимо рациональное размещение сварных ребер жесткости на каждой чаше шлаковоза.

Список использованных источников:

1. Повышение стойкости шлаковозных чаш : отчет о НИР (госбюджет) : 07–02 / Ждановский металлургический институт; рук. Распопов И.В.; исполн. : Красовицкий В.С. – Жданов. – 1956. – 43 с.
2. Пак К.А. Распределение температуры в стенке доменного шлаковозного ковша / К.А. Пак, А.В. Чаленко // Сталь. – 1956. – № 7. – С. 652-653.
3. Уманский В.Б. Упрочнение деталей металлургического оборудования / В.Б. Уманский, А.А. Костенко, Ю.Т. Худик. – М. : Металлургия, 1991. – 176 с.
4. Артюх В.Г. Основы защиты металлургических машин от поломок : монография / В.Г. Артюх. – Мариуполь : Университет, 2015. – 288 с.
5. Николаев Г.А. Расчет сварных соединений и прочностных свойств сварных конструкций : монография / Г.А. Николаев. – М. : Высшая школа, 1965. – 451 с.

Bibliography:

1. Increase of service lives of slag carriers (Report of the research work conducted, financed by state) : 07–02 / Zhdanov Institute of Metallurgy; Raspopov I.V.; ixec. Krasovitskiy V.S. – Zhdanov. – 1956. – 43 p. (Rus.)
2. Pak K.A. Temperature distribution in the wall of blast-furnace slag carrying ladle / K.A. Pak,

- 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