

РОЗДІЛ «МЕТАЛУРГІЯ. ЗВАРЮВАННЯ»

УДК 669. 184. 244. 66

СИГАРЕВ Е.Н., к.т.н, доцент

Днепродзержинский государственный технический университет

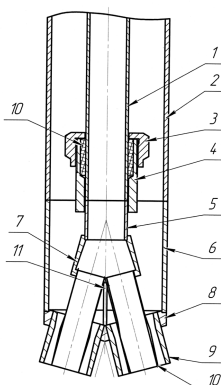
ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГАЗООХЛАЖДАЕМЫХ ГАРНИСАЖНЫХ ФУРМ

Введение. Замена водоохлаждаемых фурм факельного торкретирования футеровки и внедрение в эксплуатацию газоохлаждаемых торкрет-фурм [1], предназначенных для совмещения операций факельного торкретирования и ошлакования футеровки конвертера, не обошлись без проблем, связанных с надежностью газового охлаждения. Нарушение охлаждения при недостаточной интенсивности подачи азота при работе боковых торкрет-сопел в условиях высоких температур, цикличности нагрева, связанной с теплосменами при работе и простое фурмы, в отдельных случаях приводило к возникновению термических напряжений, развитию малоциклового усталости и нарушению сварных соединений конструкции.

При отказе от факельного торкретирования с переходом к эксплуатации гарнисажных газоохлаждаемых фурм с соплами Лаваля типа «труба в трубе», предназначенных для раздувки конечного шлака азотными или азотнопорошковыми струями, несущими торкрет-массу на основе необожженного доломита непосредственно в объем шлаковой ванны [2], условия тепловой работы фурм изменились.

Постановка задачи. Для оценки распределения температур на рабочей поверхности гарнисажной газоохлаждаемой фурмы (рис.1) использовали аналитический расчет и непосредственный замер температуры тепловизором «NEC TH9100» в условиях кислородно-конвертерного цеха ОАО «АМКР». Преобразование аналогового сигнала в цифровой, предназначенный для отображения в виде цветной термограммы, позволило получить картины распределения температур на поверхности рабочего объема конвертера и гарнисажных фурм в различные периоды эксплуатации и простоя.

В такой конструкции фурма (рис.1) охлаждается потоком азота, поступающего в пространстве между наружной и внутренней стальными трубами к соплам Лаваля, расположенным на торце. Сверхзвуковыми струями азота, истекающими из сопел Лаваля, конечный шлак раздувается на стены конвертера.



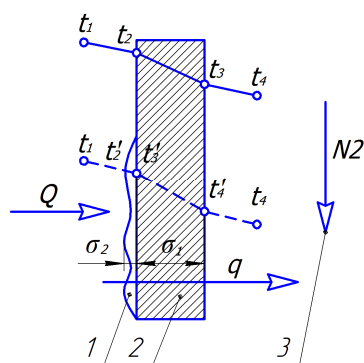
1 – внутренняя труба; 2 и 6 – наружная труба; 3 – гайка;
4 – компенсатор; 5 – труба для подачи торкрет-массы;
7 и 8 – верхняя и нижняя тарелка наконечника;
9 – сопла Лаваля; 10 – внутренние цилиндрические сопла; 11 – фиксатор

Рисунок 1 – Конструкция наконечника газоохлаждаемой гарнисажной фурмы и общий вид сопел Лаваля типа «труба в трубе»

Устойчивая тепловая работа фурмы обеспечивается отводом теплового потока поступающего на наружную поверхность ствола к охлаждающему азоту. Расчет проводили для следующих условий: расход (v) и давление (P) азота на раздувку шлака – 400 $\text{нм}^3/\text{мин}$ и 10^6Па соответственно; наружная и внутренняя труба фурмы (d_n) $\text{Ø}219 \text{ мм}$ ($\sigma_1 = 8 \cdot 10^{-3} i$) и (d_b) $\text{Ø}108 \text{ мм}$ соответственно; протяженность участка фурмы (H_Φ), на-

ходящегося в высокотемпературном рабочем пространстве конвертера в процессе раздувки шлака, – 3,3 м; температура азота на входе в фурму (T_0) – 298К; температура рабочего пространства конвертера в районе шлаковой ванны ($T_{ш}$) и горловины (T_1) – 1773 и 1073К соответственно; газообразный азот на раздувку шлака подводится к фурме через металлошланговый рукав Ø108 мм при общей длине рукава $L \approx 10$ м.

Температура наружной поверхности трубы t_2 определяется теплопередачей из рабочего пространства конвертера с температурой t_1 к потоку азота через одно- либо двухслойную стенку (рис.2) с различными коэффициентами теплопроводности материала трубы и шлакового гарнисажа.



1 – слой шлакового гарнисажа; 2 – стенка трубы; 3 – поток азота; q – тепловой поток через стенку трубы к охлаждающему азоту; Q – тепловой поток из рабочего пространства конвертера

Рисунок 2 – Расчетная схема теплопередачи через стальную (-) и стальную, покрытую слоем гарнисажа, поверхности (- - -) наружной трубы фурмы (рис.1)

Результаты работы. На первом этапе определяли температуру наружной поверхности ствола фурмы толщиной σ_1 без учета слоя шлакового гарнисажа (σ_2).

Величину коэффициента теплоотдачи от футеровки конвертера к наружной поверхности фурмы с учетом радиационной α_u , (Вт/м²·К) и конвективной α_k составляющих $\alpha_1 = \alpha_u + \alpha_k$ можно определить по известному выражению [3]

$$\alpha_u = \frac{\varepsilon_{np} \cdot C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{t_1 - t_2}, \quad (1)$$

где $\varepsilon_{np} = \frac{1}{\left(\frac{1}{c_1/c_0} + \frac{1}{c_2/c_0} - 1 \right)}$; c_1, c_2 – коэффициенты излучения поверхности футеровки и

стенки трубы соответственно; c_0 – константа излучения; t_1, t_2 – средняя температура рабочего пространства и трубы фурмы. Для приведенных условий значение ε_{np} составляет 0,67.

Величину температуры t_2 определяли с учетом допущения о равенстве в начальный момент времени температур стенки фурмы и азота. Для расчета t_2 определим изменение давления азота и потери на трение при движении в подводящем металлошланговом рукаве, в трубе на участке от входа в фурму до выхода из сопел Лавалья

$\Delta P = \xi_p \frac{L}{d_{экв}} \left(\frac{\omega}{2g} \right)$, где $\xi_p = (\xi_1 + \xi_m)$ – коэффициент сопротивления трению в рукаве и $\xi_\phi = (\xi_2 + \xi_m)$ – в трубе фурмы. В соответствии с расчетами $\xi_p = 10,26$, $\xi_\phi = 6,26$. Скорость азота в металлорукаве составляет $\omega_p = \frac{Q_p}{S_p \cdot \rho_p} = 73,16 \text{ м/с}$, в трубе фурмы

$\omega_\phi = 29,12$ м/с. Здесь Q_p – массовый расход азота (кг/с), определяемый с учетом v и P при истечении в окружающую среду с давлением $P_{cp} = 10^5$ Па как $Q_p = \frac{vP_{cp}\mu_z}{60RT_0}$, где μ_z – молярная масса азота; R – универсальная газовая постоянная.

При потерях давления азота при движении в металлорукаве $\Delta P_p = 0,317 \cdot 10^5$ Па и стволе фурмы $\Delta P_\phi = 0,029 \cdot 10^5$ Па, температура азота $T = T_0 \left(\frac{P}{P_0} \right)^{k-1/k}$ в рукаве и в фурме (t_4) составит 295,2К и 292,2К соответственно, величина $\alpha_u = 137,99$ Вт/(м²·К).

При вертикальном расположении поверхностей и свободном движении газа конвективная составляющая теплоотдачи определяется по выражению [3]

$$\alpha_k = Nu \frac{\lambda_g}{H_\phi}, \quad (2)$$

где $Nu = c(\text{Gr} \cdot \text{Pr})^n$ – число Нуссельта; λ_g – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/м·К; c и n – постоянные, зависящие от режима движения азота при определяющей температуре $t_c = 0,5(t_4 + \frac{t_u + t_z}{2}) = 584,6^\circ \text{C}$.

Значение комплекса $(\text{Gr} \cdot \text{Pr}) = \frac{gh^3}{\nu^2} \beta \cdot \Delta t \cdot \text{Pr}$ в рассматриваемых условиях при $\text{Pr} = 0,699$ составит $8,66 \cdot 10^9$. При этой величине комплекса $(\text{Gr} \cdot \text{Pr})$ величина $c=0,135$; $n=1/3$, $Nu = 277$, а $\alpha_k = 5,74$ Вт/(м²·К). С учетом приведенного выше коэффициент теплоотдачи от футеровки конвертера к стволу фурмы $\alpha_1 = 143,73$ Вт/(м²·К).

Коэффициент теплоотдачи от внутренней стенки трубы к азоту можно рассчитать с использованием выражения

$$\alpha_2 = 0,021 \frac{A \cdot \lambda_{N_2}}{d_e} \left(\frac{\omega_\phi \cdot d_\phi \cdot \rho_{N_2}}{\eta} \right)^{0,8} \left(\frac{c_{N_2} \cdot \eta}{\lambda_{N_2}} \right)^{0,43}, \quad (3)$$

где c_{N_2} и λ_{N_2} – теплоемкость и коэффициент теплопроводности азота.

При коэффициенте теплопередачи

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\sigma_1}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (4)$$

где $\frac{\sigma_1}{\lambda_{cm}}$ – термическое сопротивление теплопроводности стенки наружной трубы фурмы и величине $K=105,8$, общая тепловая нагрузка на участок фурмы, расположенный в рабочем пространстве конвертера $q_1 = K(t_1 - t_2)$, равна $119639,84$ Вт/м².

Температура наружной стенки фурмы, определяемая по выражению

$$t_2 = 0,5(t_u + t_z) - q \left(\frac{1}{\alpha_1} \right), \quad (5)$$

в рассматриваемых условиях составит $317,6^\circ \text{C}$, а на внутренней поверхности трубы

$$t_3 = t_2 + q \left(\frac{1}{\alpha_2} \right) = 300,25^\circ \text{C}. \quad (6)$$

Температура рабочей поверхности фурмы определяется при данном тепловом потоке наличием и теплофизическими свойствами отложений (шлакового гарнисажа) на охлаждаемой поверхности. После формирования на поверхности фурмы слоя шлакового гарнисажа толщиной $\sigma_2 = 0,005 - 0,01$ м с коэффициентом теплопроводности 0,7-1,2 Вт/(мК) интенсивность теплового потока от рабочего пространства конвертера на ее наружную поверхность снижается. Знаменатель выражения (4) дополняется соответствующим слагаемым $\frac{\sigma_2}{\lambda_{\text{гарн}}}$, где $\lambda_{\text{гарн}}$ – коэффициент теплопроводности шлака, Вт/(мК).

В соответствии с выполненными расчетами температура поверхности шлакового гарнисажа (t_2') (рис.1) находится в пределах 708,1⁰С - 787,7⁰С, что близко к данным, полученным прямыми замерами тепловизором «NEC TH9100» (рис.3, а, б).

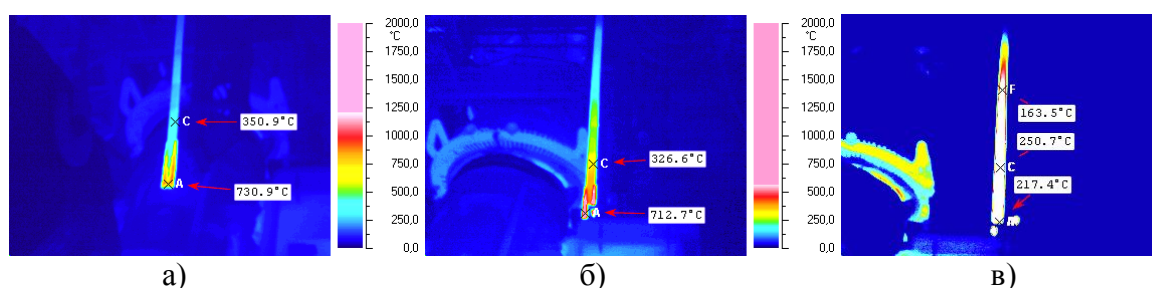


Рисунок 3 – Данные измерения температуры поверхности шлакового гарнисажа на стволе газоохлаждаемой фурмы после извлечения из рабочего пространства конвертера (а, б точка А) и после очищения ствола фурмы от слоя гарнисажа (точка С)

Температура на наружной поверхности фурмы (t_3'), рассчитанная с использованием выражений (4-6) при принятой толщине гарнисажного слоя 0,005 и 0,01 м, составляет 287,4⁰С и 178,6⁰С соответственно.

После оползания слоя шлакового гарнисажа со ствола фурмы зафиксированная прямыми измерениями температура на ее поверхности $\approx 220^0$ С (рис.3, в). Таким образом, действительная толщина шлакового гарнисажа на поверхности фурмы при рассматриваемых условиях составляет около 0,0085 м.

В соответствии с расчетами, приведенными в работе [4], термические напряжения в стенке трубы достигают предела текучести при температуре стенки около 500⁰С для стали 10. В нашем случае коэффициент запаса прочности газоохлаждаемой фурмы имеет значения 1,6-2,3, что свидетельствует о достаточной эксплуатационной надежности газового охлаждения гарнисажной фурмы используемой конструкции (рис.1).

В период между операциями ошлакования происходит охлаждение ствола газоохлаждаемой фурмы. При охлаждении фурмы после извлечения из рабочего пространства конвертера и возникновении воздушного зазора между наружной трубой и слоем шлакового гарнисажа последний самопроизвольно осыпается (рис.3, в).

Изменение мощности излучения очищенной от шлакового гарнисажа поверхности фурм в период простоя между операциями ошлакования футеровки рассчитывали с учетом полученных прямыми измерениями потерь за счет конвекции:

$$Q_u = \frac{\sigma \varepsilon (T^4 - T_0^4) + \alpha_{cm} (T - T_0)^{4/3}}{S} \quad (7)$$

Здесь S – область объекта (пикс.); ε – коэффициент излучения (0,87); α_{cm} – коэффициент теплопередачи (1,73 ккал/м²К).

В соответствии с расчетами (рис.4) температура поверхности гарнисажной фурмы достигает значений температуры окружающей среды за период, сопоставимый с длительностью ее простоя между конвертерными плавками.

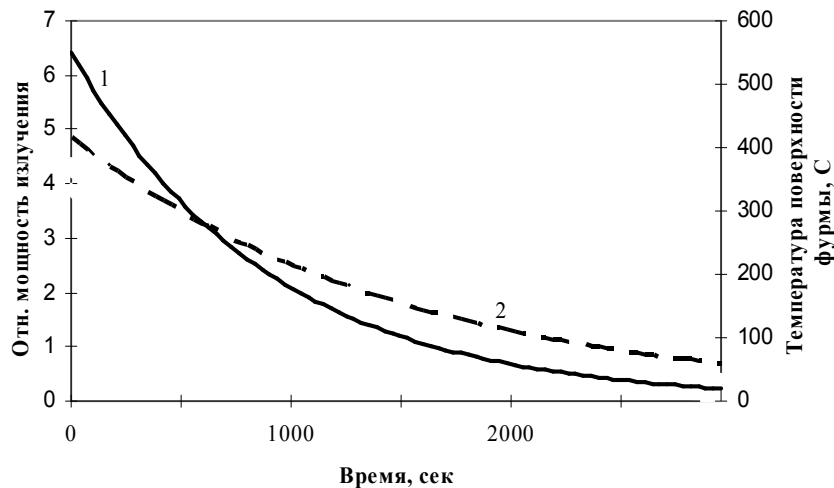


Рисунок 4 – Изменение мощности излучения (1) и температуры наружной поверхности гарнисажной фурмы (2) в период простоя между операциями раздувки шлака

Выводы. Показана надежность газового охлаждения разработанных гарнисажных фурм для раздувки конечного шлака на футеровку кислородного конвертера. Наличие на поверхности фурмы слоя шлакового гарнисажа изменяет тепловые условия ее работы и приводит к снижению термомеханических напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка и внедрение технологии горячего ремонта футеровки 160-т конвертеров с использованием вращающейся гарнисажной торкрет-фурмы // А.Г.Чернятевич, В.А.Шеремет, Е.Н.Сигарев [и др.] // Новини науки Придніпров'я (Інженерні дисципліни). – 2008. – №1-2. – С.60-62.
2. Разработка фурменных устройств и технологии газопорошкового ошлакования футеровки 160-т конвертеров / А.Г.Чернятевич, Е.Н.Сигарев, К.И.Чубин [и др.] // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010 – №7 (265) – С.134-138.
3. Казанцев Е.И. Промышленные печи / Е.И.Казанцев. – М.: Металлургия, 1975. – 368с.
4. Тимошенко С.Н. Проблемы эксплуатации водоохлаждаемых элементов дуговых сталеплавильных печей высокой мощности / С.Н.Тимошенко, П.И.Тищенко // Наукові праці ДонНТУ. Металургія. – 2008. – Випуск 11 (159). – С.58-65.

Днепродзержинский государственный технический университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НАПЛАВКИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Введение. С увеличением мощности строительно-дорожных машин на гусеничном ходу повышение их быстродействия и производительности сопровождается ужесточением условий работы отдельных узлов, деталей и инструмента. К таким элементам, работающим в условиях высоких динамических и ударно-динамических нагрузок, градиентов температур, агрессивной среды, подвергающихся многим видам износа, относятся детали ходовой части бульдозеров и экскаваторов. Учитывая высокую стоимость производства и ремонта, различные, а порой и альтернативные требования к отдельным их элементам (опорные и поддерживающие катки, звенья, натяжные колеса, ведущие звездочки, втулки, траки) для увеличения срока их службы и обеспечения высоких эксплуатационных характеристик рабочие поверхности изнашивающихся элементов подвергаются упрочнению электродуговой наплавкой [1-2]. Повышение эксплуатационных характеристик наплавляемого рабочего слоя обычно достигается выбором и оптимизацией химического состава электродных материалов с предварительной и (или) последующей, в случае необходимости, термической обработкой. Возможности повышения качества наплавленного металла при таком подходе в настоящее время практически исчерпаны. При этом в процессе эксплуатации упрочненных деталей их поверхность, подвергаясь различного рода воздействиям (термическим, механическим и др.), изнашивается, разрушается. На характер износа и разрушения упрочненной поверхности сказываются особенности, характерные для дуговой наплавки последовательным наложением отдельных валиков с их перекрытием. К основным из этих недостатков следует отнести высокую неоднородность свойств наплавленного металла, способствующую неравномерности его износа, преимущественному образованию ориентированных в одном направлении трещин разгара и других дефектов на поверхности изделия. Это приводит к ухудшению качества выпускаемой продукции, снижению срока службы как упрочненных деталей, так и всего агрегата в целом. В этой связи работы в данном направлении являются актуальными.

Совершенствование процесса наплавки ходовой части деталей строительно-дорожных машин на гусеничном ходу осуществляется разными путями: разработка и использование оптимально легированных электродных и присадочных материалов, модернизация оборудования, а также применение новых технологических приемов, повышающих эксплуатационные характеристики наплавленного слоя. Возможности первых двух направлений ограничены. В этих условиях перспективно применение технологий наплавки, ориентированных на создание в наплавленном слое разноориентированных макроучастков с регламентированным распределением свойств, сформированных за счет управления в процессе наплавки траекторией перемещения электрода относительно управляемой поверхности [2].

Одним из путей реализации этой задачи при электродуговой наплавке является формирование рабочего слоя швами требуемой формы. Для осуществления такого про-

цесса наплавочное оборудование должно обеспечивать управляемую траекторию перемещения электрода относительно вектора скорости наплавки.

Использование серийно выпускаемого оборудования (например, универсальной установки УД-209, подвесной головки АД-231) для наплавки швов сложной конфигурации сопряжено с трудностями из-за их ограниченных технологических возможностей и отсутствием синхронизации процесса колебаний электрода с перемещением наплавочного аппарата и изделия. В этих условиях для обеспечения формирования швов требуемой формы необходима разработка оборудования для осуществления колебаний электрода по требуемому закону с учетом привязки координат элементов шва к наплавляемой поверхности.

Постановка задачи. Задачей исследования является проектирование и опытно-промышленная проверка навесного оборудования, обеспечивающего формирование трещиностойкого наплавленного слоя швами регламентированной формы за счет управления траекторией перемещения электрода.

Теоретически возможно обеспечить любую пространственную траекторию шва (с учетом формы поверхности изделия). Однако при практической реализации поставленной задачи возникает ряд проблем, которые ограничивают эти возможности.

По известным ранее проведенным исследованиям [3] определены оптимальные траектории формирования наплавленных валиков, обеспечивающие высокие эксплуатационные свойства упрочненных поверхностей (рис.1), из которого видно, что для обеспечения точной траектории перемещения торца электрода в процессе наплавки необходимо изменять как скорость его поперечных колебаний, так и направление перемещения.

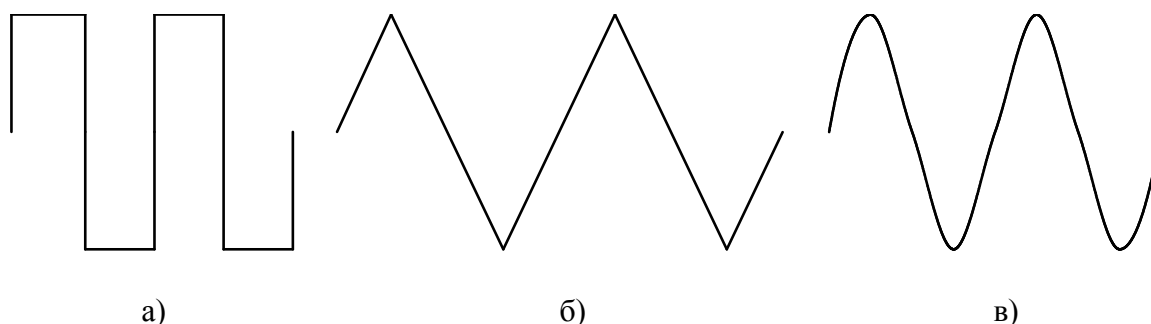


Рисунок 1 – Траектории перемещения электрода при дуговой наплавке

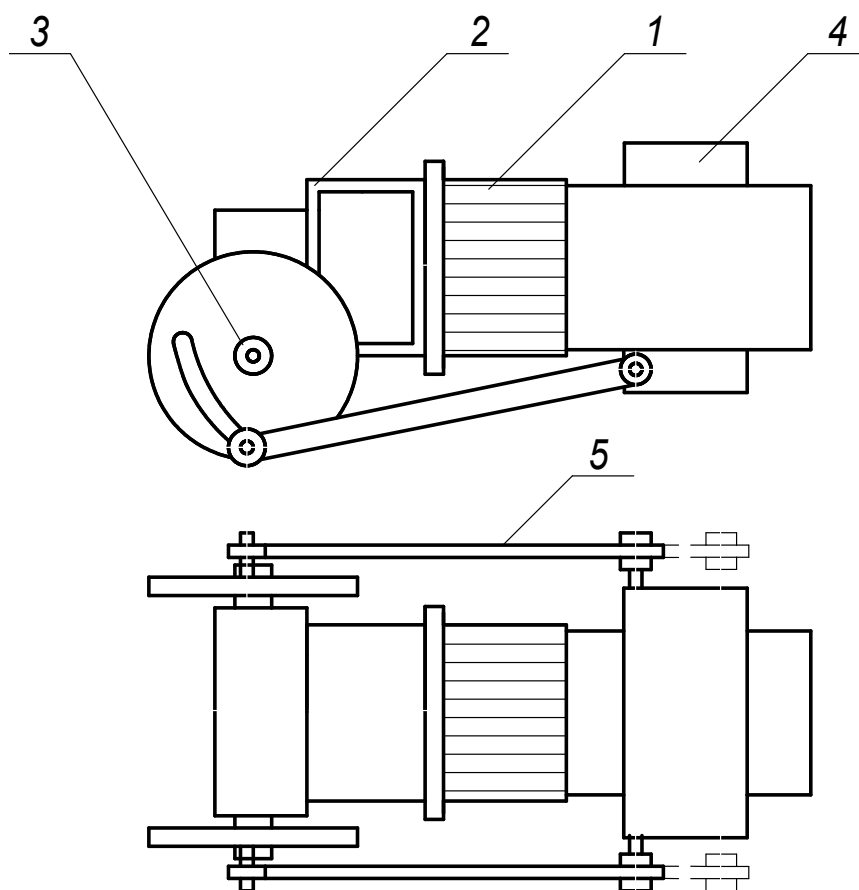
Поскольку подавляющее большинство восстанавливаемых наплавкой деталей ходовой части строительного-дорожного машин на гусеничном ходу обладает значительной массой и, соответственно, инерцией, изменение вектора скорости наплавки как по модулю, так и по направлению целесообразно осуществлять за счет вектора скорости перемещения электрода.

Таким образом, главной задачей является точное и безынерционное преобразование вращательного движения вала электродвигателя в линейное перемещение электрода по заданному закону, что особенно сложно в местах резкого изменения траектории и направления перемещения. Это налагает жесткие требования к механизму перемещения электрода.

Результаты работы. Любые изменения скорости вращения электрического двигателя привода колебаний электрода, а тем более резкие динамические торможения и

реверс его приводят к значительному росту потребляемого тока, что, в свою очередь, способствует перегреву двигателя и выходу его из строя. Для этого можно использовать кинематические схемы привода, например, введением в конструкцию двух промежуточных валов, вращающихся в противоположные стороны, или привода с использованием зубчатой рейки.

Для решения задачи по восстановлению деталей машин ходовой части бульдозера (ведущие звездочки, звенья) с большей величиной износа у кромки был разработан блок в виде кривошипно-шатунного механизма (рис.2).



1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – выходной вал редуктора;
4 – исполнительный механизм; 5 – кривошипно-шатунный механизм

Рисунок 2 – Кинематическая схема блока управления перемещения электрода

Блок управления перемещения электрода за счет кривошипно-шатунного механизма, установленного на подвесной головке А-1416, преобразует вращательное движение электродвигателя в колебательные движения торца электрода через редуктор, пару сменных шестерен, обеспечивающих ступенчатое изменение скорости в пределах от 13,7 до 60,5 м/час с шириной колебания до 120 мм.

Кривошипно-шатунное устройство является наиболее простым в исполнении и настройке, позволяет формировать траекторию с резкими перегибами валиков (рис.3) для создания наплавленного слоя повышенной трещиностойкости [3].

Предложенное научное направление в области формирования наплавкой швов позволяет получать участки шва переменного химического состава, оптимизировать

форму наплавляемых валиков, обеспечивать формирование на наплавляемой поверхности рельефа.

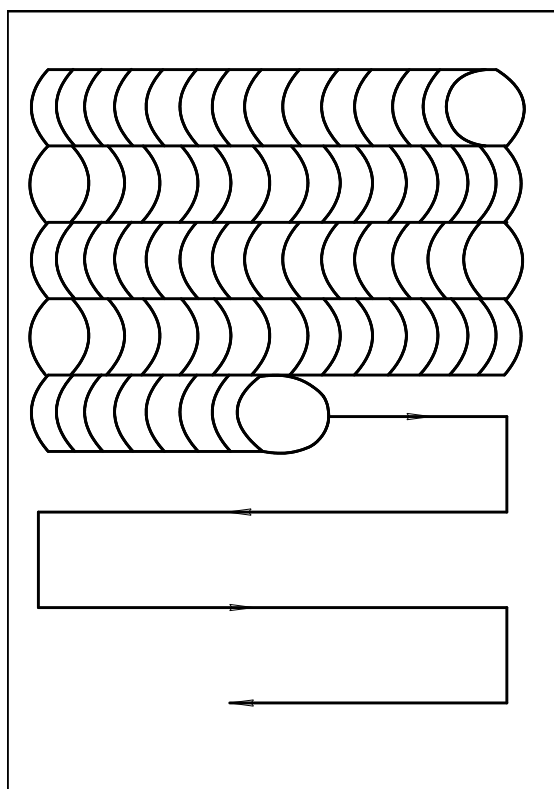


Рисунок 3 – Формирование наплавленных валиков

Выводы. Предложенный способ наплавки рабочих поверхностей швами регламентированной формы позволяет существенно повысить служебные характеристики деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного и ударно-абразивного износа.

Разработано оборудование, позволяющее формировать в процессе наплавки валики сложной формы, обладающее высокими технологическими характеристиками и простотой обслуживания и эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фруммин И.И. Технология механизированной наплавки / Фруммин И.И., Юзвенко Ю.А., Лейначук Е.И. – М.: Высшая школа, 1965. – 306с.
2. Химическая неоднородность металла, наплавленного открытой дугой / [Юзвенко Ю.А., Горпенюк Б.Н., Шимановский В.П., Корбут В.Л.] / Новые процессы механизированной наплавки.– К.: ИЭС им. Е.О.Патона.
3. Чередник Е.А. Восстановление наплавкой ведущих звездочек бульдозера / Е.А.Чередник, В.В.Перемитько // Мир техники и технологий: международный технический журнал. – 2006. – №10. – 48с.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ПРО ПІДВИЩЕННЯ СЛУЖБОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ЗОВНІШНІХ МАГНІТНИХ ПОЛІВ

Вступ. Підвищення продуктивності та якості наплавлення з одночасним збереженням матеріало- та енергоресурсів є актуальною проблемою сучасного машинобудування. Станом на 2010 рік в Україні методами наплавлення в середньому відновляється близько 300 тис. тон металоконструкцій, більшість з яких мають форму тіл обертання (вали, вісі та ін.). В загальному обсязі виробничого циклу відновлення металоконструкції (без урахування термічної обробки) витрати часу на наплавлення складають 50 %, часу на механічну обробку після наплавлення – 30 %. Втрати наплавленого металу при цьому сягають майже 50 %. Скоротити виробничі витрати можна шляхом ефективного застосування дугового наплавлення, а також шляхом підвищення службових характеристик наплавленого металу.

Постановка задачі. Підвищити службові характеристики наплавленого металу можна шляхом оптимізації його структурного стану. Перспективним та достатньо ефективним способом керування структурою наплавленого металу є використання зовнішніх магнітних полів при електродуговому напавленні. Метою даної роботи є дослідження впливу комбінованого магнітного поля на структуру та службові характеристики наплавленого металу із використанням лабораторного устаткування кафедри Технологія та устаткування зварювання Дніпродзержинського державного технічного університету.

Результати роботи. При дослідженні впливу комбінованого магнітного поля (КМП) на структуру та службові характеристики наплавленого металу використовували наплавний дріт суцільного перетину марки Нп-30ХГСА діаметром 3 мм та флюс АН-348А. Поєднання вказаних матеріалів при напавленні забезпечує порівняно високу твердість та достатню в'язкість [1, 2]. Наплавлення здійснювали на пластини зі сталі Ст3пс. В експериментах використовували відпрацьовані режими, що забезпечують якісне формування валика наплавлення: $I_n = 310 \dots 330$ А, $U_d = 30 \dots 32$ В, $V_n = 30$ м/год. Були застосовані оптимальні параметри КМП, які визначались за допомогою розрахункової програми MCAS-1 [3], а саме: $B'_z = 76 \dots 78$ мТл, $B_x = 62 \dots 64$ мТл, $B_z = 52 \dots 54$ мТл.

За фазовим складом напавлений без стороннього впливу комбінованим магнітним полем метал складається з пластинчатого перліту та доєвтектоїдного фериту [4], структура наплавленого металу містить стовпчасті дендрити витягнуті по довжині з майже прямими границями між ними (рис. 1) та невелику зону рівновісних кристалітів у центральній частині валика, а сітка фериту навколо зерен перліту має майже суцільний каркас. Структура металу, напавленого з використанням КМП, містить дрібні разорієнтовані кристаліти (дендрити), стовпчаста форма кристалізації придушується та змінюється на хаотично орієнтовану, а зерна фериту рівномірно розподілені між зернами перліту (рис. 2).

Твердість та ширину литих кристалітів визначали шляхом вимірювань на темплетях мікрошліфів напавлень суміжних валиків. Випробування показали, що мікротвердість металу шва при напавленні із впливом КМП підвищується на 8...12% при зменшенні ширини кристалітів у середньому у 2,5 рази (рис.3). Твердість металу напавлених суміжних валиків визначали за Віккерсом згідно з ГОСТ 2999 по горизонтальній лінії на рівні 2 мм від поверхні основного металу.

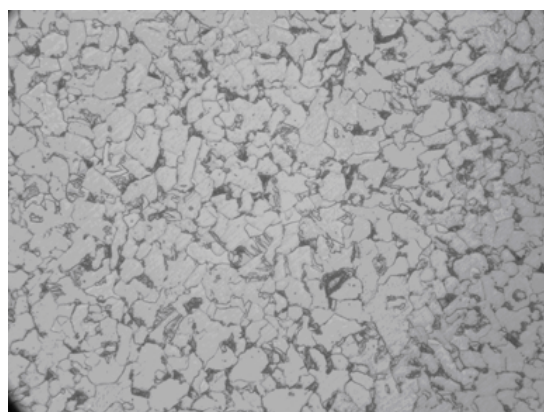
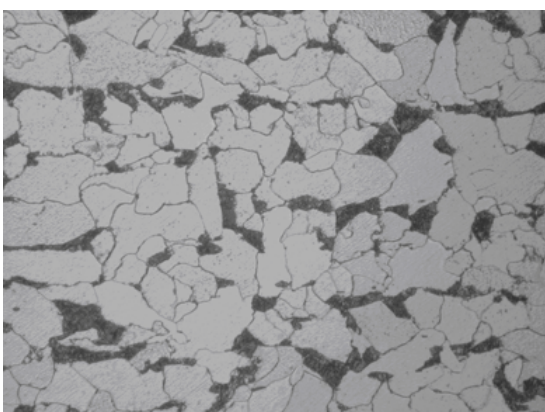
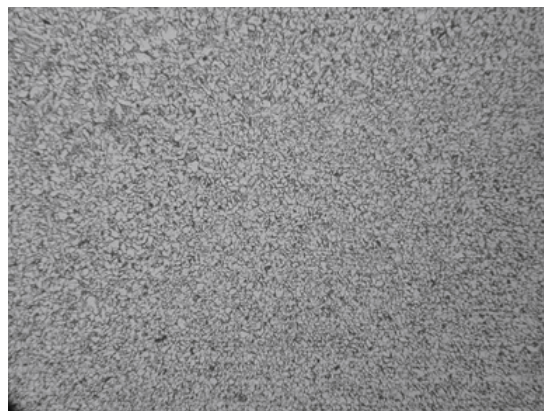
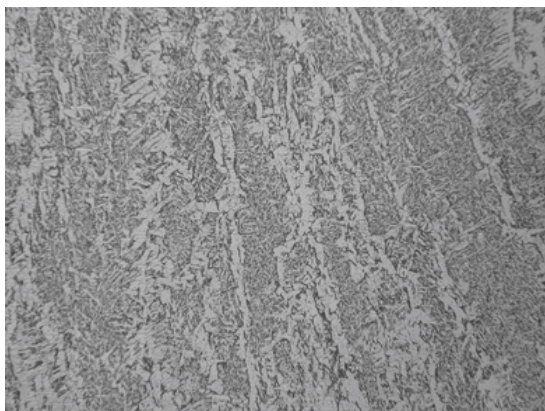
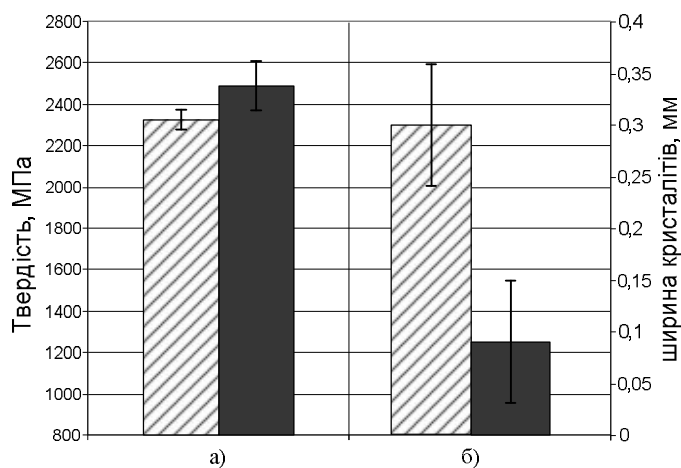


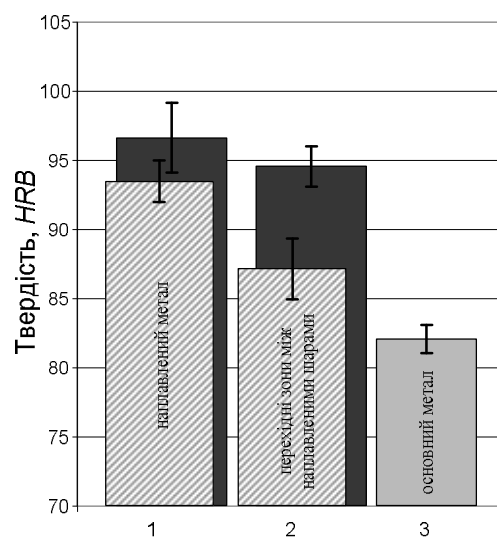
Рисунок 1 – Мікроструктура наплавленого металу при наплавленні без магнітного поля; кратність збільшення: $\times 100$ та $\times 500$

Рисунок 2 – Мікроструктура наплавленого металу при наплавленні з КМП; кратність збільшення: $\times 100$ та $\times 500$



▨ – наплавлення без МП;
 ■ – наплавлення з КМП

Рисунок 3 – Характер зміни твердості (а) та розмірів кристалітів (б) під впливом КМП при дуговому наплавленні під флюсом



1 – наплавлений метал; 2 – перехідна зона; 3 – основний метал

▨ – наплавлення без МП;
 ■ – наплавлення з КМП

Рисунок 4 – Характер зміни твердості під впливом КМП

Дані вимірів показали, що у всьому діапазоні оптимізованих режимів за умов використання КМП спостерігається підвищення твердості наплавленого металу та значне зменшення «провалів» твердості в зоні перетину суміжних валиків, характерних для сплавлення неоднорідних за структурою матеріалів [5-7], розподіл мікротвердості більш рівномірний, а структура більш однорідна, ніж при наплавленні без впливу КМП.

Вимірювання твердості розглянутих зон за Брінеллем (ГОСТ 9012) також підтвердило суттєве зменшення неоднорідності литої структури металу та згладжування твердості наплавленого металу в зонах перекриття суміжних валиків і в зоні термічного впливу (рис.4). Величина «провалів» твердості в зоні перетину суміжних валиків, наплавлених із впливом КМП, знижується в 2...4 рази.

Механічні випробування зразків-темплетів, наплавлених дротом 30ХГСА під флюсом АН-348А з використанням КМП та без нього, показали, що межа міцності σ_b металу у середньому збільшується на 120 МПа, межа текучості σ_m – на 150 МПа. Відносне подовження δ_5 та відносне звуження ψ збільшуються у середньому на 4 одиниці (рис.5).

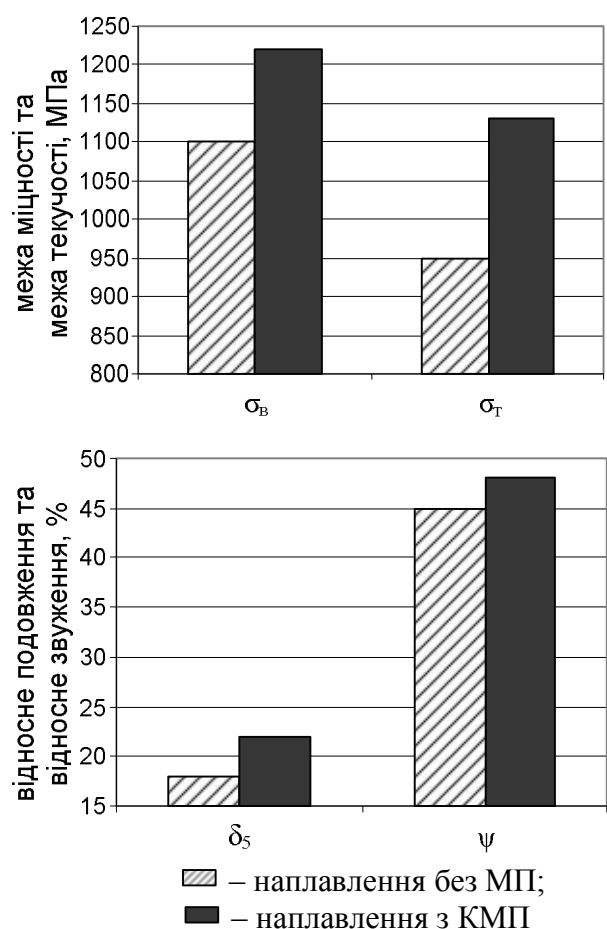


Рисунок 5 – Результати механічних випробувань наплавлених зразків на сталь Ст3пс (дріт Нп-30ХГСА)

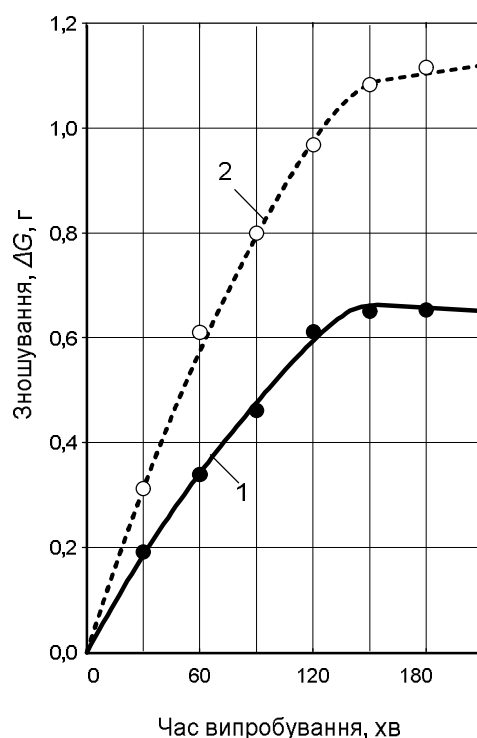


Рисунок 6 – Залежності показника вагового спрацювання зразків наплавлених із впливом КМП (1) та без впливу КМП (2) від часу

Таким чином, результати випробувань показали, що при електродуговому наплавленні під флюсом з дією КМП міцнісні та пластичні характеристики металу під-

вищуються, покращуються умови кристалізації ванни, подрібнюється структура наплавленого металу, підвищується його твердість.

Випробування наплавленого металу на зносостійкість виконували на машині МІ-1М. Зразки діаметром 50 мм, товщиною 10 мм підвергали одночасному впливу тертя ковзання та кочення. Час випробування для кожної пари зразків складав 180 хв. Відносне зношування ϵ визначали за ваговим методом. Під час випробувань зразки зважували з точністю до 0,001 г на аналітичних вагах ВА-200 через кожні 30 хвилин. Результати визначення зношування наплавленого металу за умов використання КМП та без магнітного поля наведено на рис.6.

Аналіз отриманих результатів дозволяє стверджувати, що використання при наплавленні комбінованого магнітного поля дозволяє підвищити зносостійкість металу на 40...60 %.

Висновки. Визначено, що застосування КМП при наплавленні дротом 30ХГСА під флюсом призводить до утворення дрібної розорієнтованої та рівномірної структури по всьому перетині валика, твердість підвищується на 10...12 %, розподіл мікротвердості в зоні перекриття суміжних валиків більше рівномірне, механічні характеристики наплавленого металу підвищуються на 15...20 %. Використання комбінованого магнітного поля при наплавленні під флюсом дозволяє підвищити зносостійкість металу на 40...60 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фрумін І.І. Технологія механізованої наплавки / Фрумін І.І., Юзвенко Ю.А., Лейначук Е.І – М.: Высшая школа, 1964. – 306с.
2. Чередник Е.А. Особенности износа и повышение долговечности деталей машин ходовой части на гусеничном ходу / Е.А.Чередник, В.В.Перемитько, Д.Г.Носов // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету: (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2008. – Випуск 1 (9). – С.79-82.
3. Носов Д.Г. Эффективность применения комбинированных магнитных полей при дуговой наплавке под флюсом / Д.Г.Носов, А.Д.Размышляев // Автоматическая сварка. – 2009. – № 4. – С.20-25.
4. Носов Д.Г. Вплив асиметрії комбінованих електромагнітних полів на структуру та службові характеристики наплавленого металу / Д.Г.Носов // Зварювання та споріднені процеси і технології: всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих науковців: тези доповідей. – Миколаїв, 2008. – С.106.
5. Гулаков С.В. Влияние неоднородности свойств наплавленного металла на характер износа валков листопрокатных станов / С.В.Гулаков, Б.И.Носовский, К.К.Степнов [и др.] // Автоматическая сварка. – 1985. – № 7. – С.46-49.
6. Наплавка несколькими одноэлектродными аппаратами прокатных валков / В.П.Субботовский, С.Я.Шехтер, В.В.Пьянков [и др.] // Автоматическая сварка. – 1970. – № 11. – С.62-63.
7. Домбровский Ф.С. Работоспособность наплавленных роликов машин непрерывного литья заготовок / Ф.С.Домбровский, Л.К.Лещинский. – К.: ИЭС им. Е.О.Патона, 1995. – 198с.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРПУСІВ ШЛАМОВИХ НАСОСІВ НАПЛАВЛЕННЯМ

Вступ. Складне економічне становище, яке склалося в результаті світової економічної кризи, і висока вартість природного газу спонукали керівництво ТЕС шукати альтернативні види палива для його заміни і економії та поступово переходити на енергозберігаючу технологію спалювання газу з домішками вугільного пилу шляхом подачі цієї суміші у форсунки котлів.

Ця технологія економить природний газ, але завдає шкоди навколишньому середовищу через підвищені викиди „теплових” газів CO_2 і шкідливих речовин, таких як пил, діоксид сірки, оксид вуглецю і діоксид азоту. При використанні пилу необхідно видалення шламу з топок котлів і пилу після уловлення в пилоуловлюючих установках. Для цього використовують рідке переміщення відходів за допомогою шламових насосів. Кількість шламу і пилу в пульпі може досягати 30-40% і більше, що призводить до гідроабразивного зношення внутрішніх стінок корпусів насосів і інших деталей.

В технологічному процесі вироблення електроенергії на ТЕС використовують багато різних гідравлічних насосів, які працюють в важких умовах при підвищеній до 60°C температурі і гідроабразивному зношенні.

Враховуючи складне економічне становище, ТЕС не спроможна придбати нові гідравлічні насоси в достатній кількості і тому корпуси і інші деталі насосів, які встановлені на ТЕС, відновлюють наплавленням і використовують знову.

При малій стійкості корпусів насосів, приблизно 6 місяців, витрати на придбання нових агрегатів дуже великі і тому підвищення їх довговічності за рахунок відновлюваного електродугового наплавлення дає значну економію металу і грошей, а також підвищує термін експлуатації.

Для підвищення терміну роботи насосів треба вибирати найбільш ефективний шлях підвищення стійкості проточної частини корпусу насоса і його деталей. Основні існуючі методи захисту від гідроабразивного зношення в центробіжних насосах – це активний, пасивний і режимний методи. Для їх реалізації з метою досягнення максимального ефекту вони повинні використовуватися одночасно.

Постановка задачі. В наш час велике розповсюдження отримали методи відновлення і зміцнення машин, устаткування, вузлів і деталей електродуговим наплавленням, яке є одним з важливих і широко розповсюджених технологічних процесів сучасної зварювальної техніки [1-5].

Мета роботи – підвищення зносостійкості та терміну експлуатації шламових насосів від гідроабразивного зношення багатоелектродним дуговим наплавленням.

На ТЕС термін роботи корпусу шламового насоса типу ШЛуЛ-12, виготовленого зі сталі 30Л-35Л, до заміни або відновлюваного ремонту складає шість місяців. Для відновлення і зміцнення зношених корпусів гідравлічних насосів і деталей насосів з метою підвищення терміну їх експлуатації використовується ручне електродугове наплавлення електродами марок АНО-4 і МР-3, що забезпечує стійкість корпусів після відновлення до 1 місяця і є малоефективним та неекономічним.

При наплавленні необхідно по можливості обмежувати розбавлення електродного металу основним металом виробу. Зі збільшенням кількості електродів, які подаються в зону дуги, збільшується і частка електродного металу та зменшується частка осно-

вного. Це дає змогу при одному ж і тому діаметрі електроду збільшити струм і зменшити глибину проплавлення основного металу.

Таким чином, якщо при напавленні одним електродом частка напавленого металу складає 38-40%, то при роботі трьома – 80-90%.

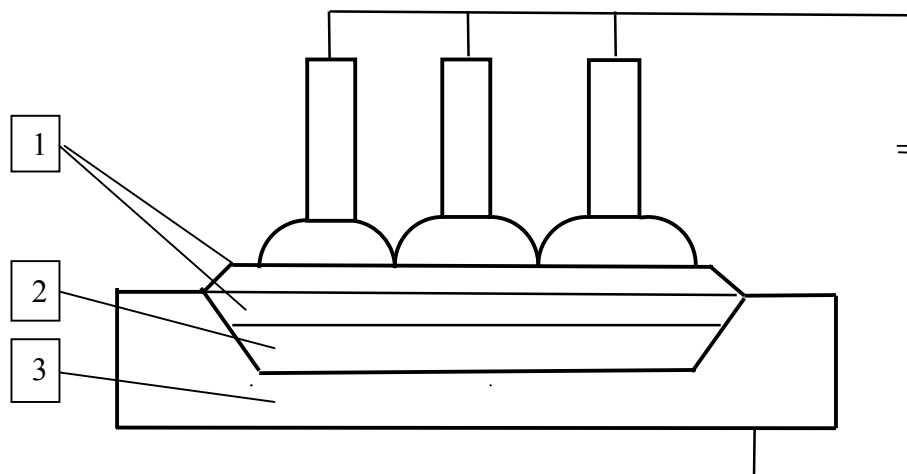
Вибір технології відновлення корпусу обґрунтовувався врахуванням конструкції насоса, досягненням високої продуктивності напавлення, підвищенням зносостійкості, зниженням трудомісткості і собівартості.

З метою ліквідації недоліків ручного напавлення, яка існує на ТЕС, була запропонована технологія механізованого напавлення корпусу насоса самозахисними порошковими дротами ПП-АНЗ і зносостійкими ВЕЛТЕК-Н.620 діаметром 3,2 мм одночасно трьома дротами без використання флюсу, захисних газів і передчасного підігріву з подальшою термічною обробкою корпусу після напавлення.

Результати роботи. Запропоновано удосконалену технологію відновлювального напавлення корпусу насоса зі сталі 30Л. На основний метал напавляється буферний шар порошковим дротом ПП-АНЗ, а потім два робочих легованих шари – дротом ВЕЛТЕК-Н.620, який забезпечує необхідну твердість 62-64 HRC.

Трьохелектродне напавлення всіх шарів виконується модернізованим напівавтоматом А-1072С через окремі мундштуки, встановлені у водоохолоджувальний палик. Ширина одного напавленого валика $b = 30$ мм, а висота трьох напавлених шарів $h = 20-21$ мм. Режим напавлення: $I_{зв} = 450-500$ А для кожного електроду; $U_d = 30-35$ В для всіх електродів; $V_{пдр} = 100-150$ м/год.; $V_{зв} = 15-22$ м/год; крок напавлення – 25 мм. Струм постійний зворотної полярності.

Схема напавлення зношеної поверхні корпусу насоса показана на рис.1.



1 – леговані робочі шари, напавлені дротом ПП-Нп- 80Х20РЗТ;
2 – буферний шар, напавлений дротом ПП-АНЗ; 3 – основний метал

Рисунок 2 – Схема напавлених шарів корпусу насоса

Розроблений удосконалений технологічний процес напавлення включає наступні операції:

- дефектація і комплектування;
- підготовка і механічна обробка робочої поверхні корпусів насосів перед напавленням;
- одночасне трьохелектродне механізоване напавлення корпусу насоса самозахисними дротами ПП-АНЗ і ПП-Нп-80Х20РЗТ діаметром 3.2 мм;
- термічна обробка корпусу насоса після напавлення в електропечі ОКБ-3017;
- контроль якості напавленого робочого шару корпусу насоса.

При трьохелектродному наплавленні всі електроди підключаються до одного полюсу зварювального випрямляча ВДУ-1603 УЗ, тобто струм і напруга розподіляються на три електроди однаково.

Маршрутна схема розробленого технологічного процесу відновлення зношених корпусів шламових насосів наплавленням показана на рис.2.

Зношені корпуси гідравлічних шламових насосів мостовим електрокраном транспортуються зі складського місця на стенд, де виконується дефектація і їх очищення від бруду, іржі і мастила за допомогою розчину Лабоміда-203, металевих щіток, пневмозубил, прямих і кутових шліфмашинок ПП-2203, ІЕ-2102А. Потім очищений, промитий і висушений корпус насоса електромостовим краном зі стенда транспортується до станка ІК826, де виконується механічна обробка зношеної стінки корпусу насоса до заданого розміру під наплавлення. Після закінчення механічної обробки корпус насоса продувається від металічного пилу стиснутим повітрям. Очищений корпус насоса консольно-поворотним краном переноситься, встановлюється і закріплюється в планшайбі позиціонера П-1 для наплавлення патрубків. Потім корпус насоса транспортується до маніпулятора М-11060 і встановлюється для наплавлення.

Габаритні розміри корпусу насоса: $D_{зв} = 1050$ мм, $D_{вн} = 980$ мм, $D = 800$ мм, товщина стінки – 35 мм, ширина між внутрішніми стінками – 250 мм і допустиме зношення стінки – 20 мм. Вага корпусу насоса складає 466 кг.

Попередній підігрів корпусу насоса перед наплавленням не виконується.

Схему наплавлення корпусу шламового насоса наведено на рис.3.

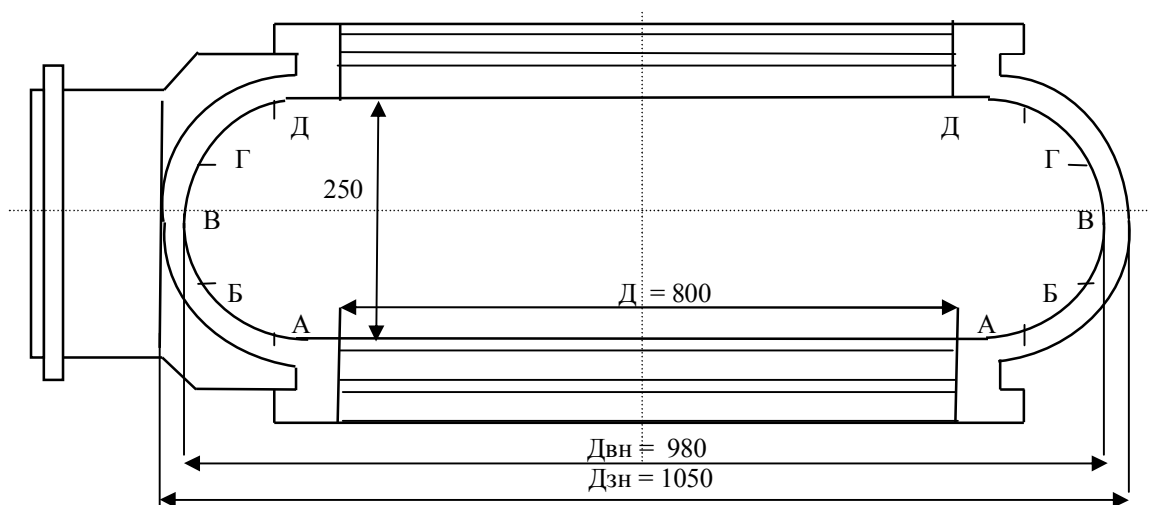


Рисунок 3 – Схема послідовності наплавлення корпусу насоса

Після закріплення корпусу насоса на планшайбі маніпулятора, встановлення і включення модернізованого напівавтомату А-1072С наплавляється зона «А» корпусу буферним шаром одночасно трьома дротами ПП-АНЗ кільцевими валиками зі зміщенням напівавтомату в кінці обертання планшайби маніпулятора на один крок.

Потім планшайба маніпулятора встановлюється під кутом 45° і наплавляється зона „Б”, далі виконується кантування на 45° і наплавляється зона „В” в горизонтальному положенні. Далі корпус знову кантується на 45° і наплавляється зона «Г». Після цього корпус насоса перекантуюється на 180° і наплавляється зона „Д” в горизонтальному положенні.

Після закінчення наплавлення на зношений корпус насоса буферного шару технологічний процес повторюється в зворотному напрямку з наплавленням на буферний

шар послідовно двох легованих робочих шарів одночасно трьома самозахисними порошковими дротами ВЕЛТЕК-Н.620. Після наплавлення всіх шарів корпусу насоса механічна обробка останнього робочого шару не виконується.

Наплавлений корпус насоса знімається з маніпулятора і електромостовим краном транспортується і встановлюється в електричну піч типу ОКБ-3017, де виконується термічна обробка – нагрів до температури 400-450°C впродовж двох-трьох годин – з подальшим повільним охолодженням корпусу на повітрі.

Після закінчення термообробки корпус насоса електромостовим краном транспортується і встановлюється на стенді, де при необхідності проводиться ліквідація дефектів наплавлення, а потім переноситься до складського місця.

Маршрутна схема технологічного процесу відновлення зношених корпусів шламових насосів наплавленням наведена на рис.4.

Трудомісткість наплавлення одного корпусу шламового насоса за старою технологією – ручному наплавленні електродами марок АНО-4 і МР-3 – складає 26 н-год, а за вдосконаленою технологією – механізованому трьохелектродному наплавленні порошковими дротами ПП-АНЗ і ПП-Нп-80Х20РЗ – 6,60 н-год.

Висновки. Розроблена удосконалена технологія механізованого трьохелектродного відновлювального наплавлення корпусів гідравлічних шламових насосів модернізованим напівавтоматом А-1072С самозахисним порошковим дротом ПП.-АНЗ і зносостійким ВЕЛТЕК-Н.620 замість ручного дугового електродами марок АНО-4 і МР-3 зменшує трудомісткість на 74,62% і збільшує термін експлуатації насосів в 3-4 рази.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пути повышения износостойкости насосов, работающих на абразивосодержащих средах / Шишков Г.П., Перехрест А.Н., Безус В.С., Елин А.А. // Насосы и оборудование. – 2005. – № 4. – С.16-19.
2. Перспективи зварювання і наплавлення в ХХІ столітті. – К., 2008.
3. Лейначук Е.И. Электродуговая наплавка деталей при абразивном и гидроабразивном износе / Лейначук Е.И. – К.: Наукова думка, 1985. – 160с.
4. Рябцев И.А. Механизированная электродуговая наплавка / Рябцев И.А. – К.: Эко-технология, 2002.
5. Походня И.К. Сварка порошковой проволокой / Походня И.К., Суптель А.М., Шлепаков В.Н. – К.: Наукова думка, 1972. – 224с.

УДК 621.791

МІЛЮТИН В.М., к.т.н., професор
РОЗДОБУДЬКО Е.В., к.е.н., доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ ЩІЛИННОЇ БАЛКИ СКЛЕПІННЯ МАРТЕНІВСЬКОЇ ПЕЧІ

Вступ. Використання кисню для інтенсифікації технологічного процесу виплавляння сталі в 600-т мартенівських печах потребує удосконалення технології зварювання щілинних балок для підвищення їх термоміцності і збільшення міжремонтного терміну роботи склепіння печі.

Постановка задачі. Мета роботи – удосконалення технології виготовлення щілинної балки склепіння мартенівської печі за допомогою автоматичного і механізованого зварювання в суміші газів $Ar+O_2$ або технічного аргону замість ручного дугового електродом УОНІ 13/45, що зменшує трудомісткість виготовлення і собівартість виробу.

Зварна сталевана водоохолоджувальна щілинна балка призначена для підтримки вогнетривкої кладки склепіння сталеплавильної печі. Вона працює в умовах високої температури, статичних навантажень, гідравлічного тиску охолоджувальної води 0.9 МПа і термічних напружень. Конструкція балки складається з верхнього і нижнього листів 1, 2, двох бокових 3, 4 і торцевих листів 5, 6 та патрубків подачі і відводу води 7, 8 (рис.1).

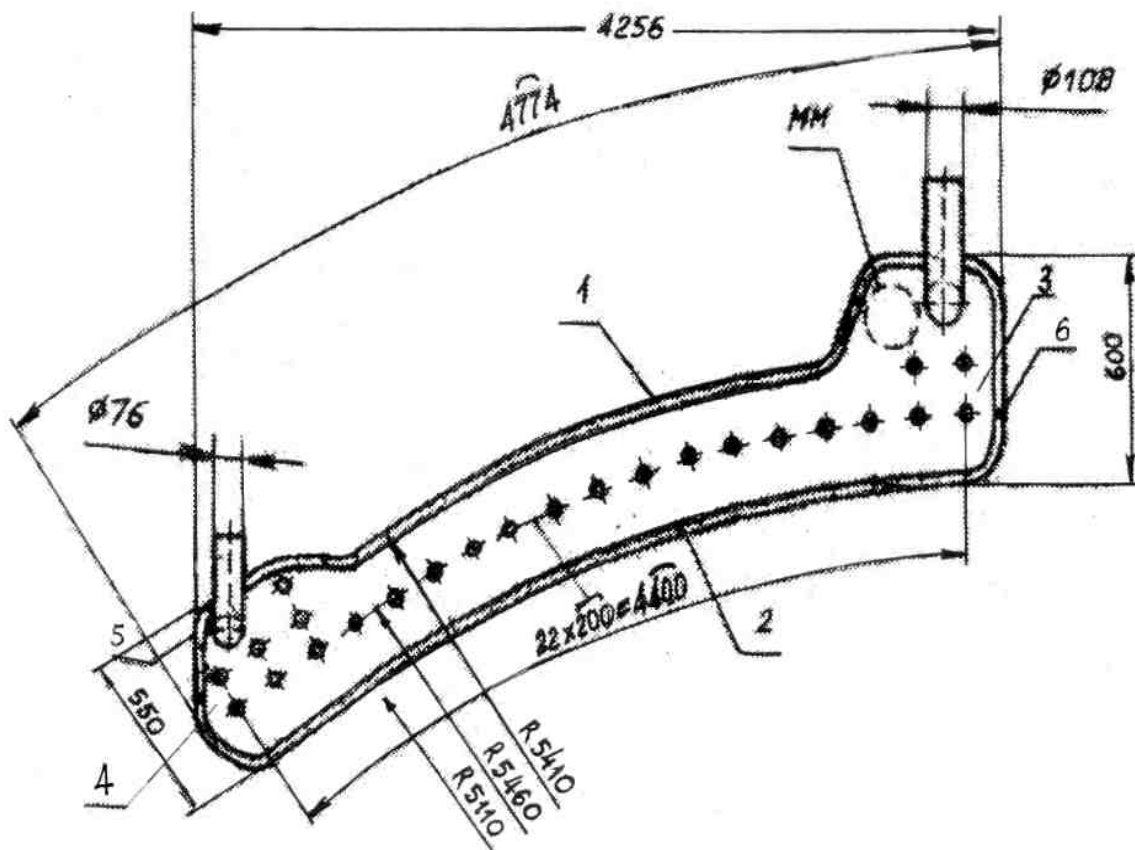


Рисунок 1 – Схема щілинної балки склепіння печі

На базовому підприємстві балка виготовляється зі сталі 20К і зварюється ручним дуговим зварюванням електродом УОНІ 13/55 на металевій плиті. Загальна маса балки з наплавленим металом складає 320 кг.

Розрахунки, проектування і виготовлення зварних конструкцій щілинної балки виконуються згідно з вимогами технологічної інструкції „Изготовление водоохлаждаемой арматуры мартеновских печей” ТИ-УГМ-Св-007-2005 [1, 2] та інших нормативних документів.

Відповідно до вимог конструкторської документації і ТУ для виготовлення основних деталей водоохолоджувальної щілинної балки склепіння використовується сталь марки 20К (казанкова) з ГОСТ 5521-79, хімічний склад і механічні властивості якої наведено в табл.1, 2.

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі 20К, мас. %

С	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
			не більше				
0.14-0.24	0.35-0.50	0.15-0.30	0.30	0.30	0.30	0.040	0.040

Таблиця 2 – Механічні властивості сталі 20К

σ_T , МПа	σ_B , МПа	σ_5 , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²		НВ
				+ 20	+ 500	
245	380-460	23-25	65-70	218	88	≤ 127

Основними труднощами при зварюванні різних сталей є виникнення гарячих і холодних тріщин, пор і можлива наявність неметалевих включень.

Зварюваність сталі оцінюється за кількістю еквіваленту вуглецю $C_{екв}$, який характеризує вплив легуючих елементів. Згідно з еквівалентом вуглецю $C_{екв}$ приймається, що за технологічною здатністю до зварювання сталі можуть бути розподілені на наступні групи:

- 1) сталі, що здатні до зварювання без обмежень – $C_{екв} \leq 0,35\%$;
- 2) сталі з обмеженою здатністю до зварювання, для яких призначаються спеціальні технології зварювання – $0,35\% \leq C_{екв} \leq 0,60\%$;
- 3) сталі, умовно не здатні до зварювання – $C_{екв} > 0,60\%$;

Зварюваність основного металу щільної балки зі сталі 20К і його схильність до виникнення холодних і гарячих тріщин оцінювалися за формулами ГОСТ 27772-88 та 135 WES японського товариства зварювальників [2, 3]:

$$C_{\text{аєа}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \% \quad (1)$$

$$C_{\text{аєа}} = 0,10 + \frac{0,43}{6} + \frac{0,23}{24} + \frac{0,30}{40} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{13} + \frac{0,040}{2} = 0,35\%$$

Сталі 20К належить до першої групи зварюваності – вона не схильна до виникнення холодних тріщин.

Схильність сталі 20К до виникнення гарячих тріщин оцінювалась за рівнянням

$$HCS = \frac{C(S + P + Si/25 + Ni/100)10^3}{3 Mn + Cr + Mo + V} \leq 4, \quad (2)$$

$$HCS = \frac{0,19(0,040 + 0,040 + 0,23/25 + 0,30/100)10^3}{3 \cdot 0,43 + 0,30} = 11,02.$$

За критерієм $HCS = 11,02 > 4$ сталь 20К схильна до виникнення гарячих тріщин і потребує строгого виконання технологічних інструкцій.

Для визначення здатності сталі 09Г2С до терморізання використовується вуглецевий еквівалент

$$C_e = C + 0,16 \cdot Mn + 0,3(Si + Mo) + 0,4Cr + 0,2V + 0,04(Ni + Cu) \leq 0,60\%;$$

$$C_e = 0,19 + 0,16 \cdot 0,43 + 0,30 \cdot 0,23 + 0,4 \cdot 0,3 + 0,04(0,30 + 0,30) = 0,38\%,$$

тому що при $C_e = 0,38 < 0,60$ сталь до терморізання обмежень не має.

Технологія зварювання повинна забезпечувати певний комплекс вимог, основні з яких відсутність дефектів, рівномірності зварного з'єднання з основним металом та

надійність і довговічність конструкції.

Сталь 20К добре зварюється усіма відомими способами зварювання. Метал поставляється з сертифікатом якості і на вимогу замовника прокату – з гарантією зварюваності.

Результати роботи. На підставі аналізу базового технологічного процесу зварювання щільної балки і з метою усунення існуючих недоліків були запропоновані наступні заходи з удосконалення технології її виготовлення:

- а) механізація складально-зварювальних операцій за допомогою двостоякового кантувача зі змінним центром, універсальною рамою і засобами малої механізації [2-5];
- б) використання на базовому підприємстві дешевого аргону і кисню для потреб зварювання балки з власного цеху виробництва кисню для виплавки сталі в конвертерах;
- в) заміна ручного дугового зварювання швів балки електродами УОНІ 13/55 на автоматичне трактором ТС-35 для балки і механізоване – для приварювання анкерів (пальців) до листів балки проволокою 2Св-08Г2С в суміші захисних газів 79-77%Ar + 21-23%O₂ або в технічному аргоні.

Схема удосконаленого технологічного процесу зварювання щільної балки склепіння показана на рис.2.

Для автоматичного і механізованого зварювання щільної балки в захисних газах використовується дріт 2Св-08Г2С, який забезпечує отримання безпористого міцнощільного шва і високе значення ударної в'язкості при різних температурах. Хімічний склад дроту наведено в табл.3, а технічні вимоги до захисних газів – в табл.4.

Таблиця 3 – Хімічний склад дроту Св-08Г2С, мас. %

С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0.05-0.11	1.80-2.10	0.70-0.95	≤ 0,20	≤ 0,25	≤ 0.035	≤ 0.030

Таблиця 4 – Технічні вимоги до захисних газів

Показник	Величина показника
Аргон технічний, ГОСТ 10157-79, % об.	99...95
Суміш Ar+O ₂ (ТУ-6-21-10-74), % об.	79-77Ar + 21-23O ₂
Кисень, ГОСТ 10157-79, %.	1...27
Волога (для нестиснутої суміші), не більше г/м ³	0.427

Зварювання балки виконується трактором ТС-35 за один прохід без підварювання кореневого шва в суміші 77%Ar+23%O₂ або в технічному аргоні дротом 2Св-09Г2С з кантуванням балки на постійному струмі зворотної полярності.

Приварювання анкерів (пальців) до листів балки виконується механізованим зварюванням напівавтоматом ПДГ 516М УЗ однаковими зварювальними матеріалами і газами. Джерела живлення – два випрямляча КІУ-601УЗ.

Параметри режимів зварювання вузлів і деталей балки в суміші захисних газів 77%Ar+23%O₂ надано в табл.5.

Таблиця 5 – Параметри режимів зварювання

Спосіб зварювання	$I_{зв}, A$	U_d, B	$l_e, мм$	$V_{п.др}, м/год$	$V_{зв}, м/год$	$q, л/хв$	Рід та полярн. струму
Автоматичне зварювання балки	400-500	32-36	25-35	300-400	12-22	18-20	= +
Зварювання анкерів і листів балки	400-470	28-32	15-25	300-350	12-22	15-17	= +

Хімічний склад наплавленого металу наведено в табл.6.

Таблиця 6 – Хімічний склад наплавленого металу, мас. %

C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
0.11	1.85	0.81	0.21	0.23	0.037	0.033

Механічні властивості металу шва і зварного з'єднання визначалися на зразках з ГОСТ 6996-86. Механічні властивості наведено в табл.7.

Таблиця 7 – Механічні властивості наплавленого металу

Метал шва				Зварне з'єднання		
$\sigma_T,$ МПа	$\sigma_B,$ МПа	КСУ, Дж/см ² ,		$\sigma_B,$ МПа	КСУ, Дж/см ²	
		+ 20	+500		+ 20	+500
250	455	217	86	450	207	87

Застосування автоматичного і механізованого зварювання деталей і вузлів щілинної балки склепіння мартенівської печі замість ручного дозволяє зменшити трудомісткість її виготовлення і собівартість.

Порівняння трудомісткості базової і удосконаленої технології виготовлення балки за операціями і видами робіт наведено в табл.8.

Таблиця 8 – Трудомісткість по операціях і видах робіт

Операція або вид робіт	Трудомісткість, н.-год	
	Базова технологія	Запропонована технологія
1	2	3
Транспортування деталей і балки	0.70	0.55
Складання балки	8.0	6.0
Ручне зварювання швів балки	10.0	-

Продовження таблиці 8

1	2	3
Ручне приварювання анкерів	6.0	-
Зварювання швів балки автоматом	-	4.0
Механізоване приварювання анкерів	-	2.0
Правка балки	0.40	0.40
Приварювання патрубків	0.20	0.15
Гідравлічний іспит	0.40	0.40
Контроль всіх операцій	0.30	0.30
Всього	26.00	13.80

Висновки. Запропонована удосконалена технологія виготовлення щільної балки склепіння мартенівської печі автоматичним і механізованим зварюванням в суміші захисних газів $Ar + O_2$ або в технічному аргоні на відміну від базової ручної дугової дозволить зменшити трудомісткість виготовлення балки 46.92% і підвищити якість виробу.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДНАОП 0.00-1.08.-94, розд. 5.3, 5.5. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – К., 1995.
2. Технологическая инструкция „Изготовление водоохлаждаемой арматуры мартеновских печей” ТИ-УГМ-Св-007-2005. – Кр. Рог, 2005.
3. Хасуи А. Наплавка и напыление / А.Хасуи, О.Моригаки. – М.: Машиностроение, 1985. – 239с.
4. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки / [под ред. А.И.Акулова]. – М.: Машиностроение, 2003. – 560с.
5. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / Потапьевский А.Г.. – М.: Машиностроение, 1974. – 240с.