

РОЗДІЛ «ЗВАРЮВАННЯ»

УДК 676.163.022

КАМЕЛЬ Г.И., д.т.н., профессор
МАРТОВИЦКИЙ Л.М.*, к.т.н., доцент
КРИЦКИЙ М.В., магистр
САВОНОВ Ю.Н.*, к.т.н., доцент

Днепродзержинский государственный технический университет

*Запорожский национальный технический университет

СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МАЛОГО КОНУСА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Введение. Одной из дорогостоящих деталей, определяющих надежность и межремонтный срок службы доменных печей, является малый конус распределителя шихты.

Многие доменные печи из-за выхода из строя в результате изнашивания распределителя шихты необходимо преждевременно останавливать на ремонт. Поэтому задача повышения износостойкости распределителя шихты и узлов загрузочного устройства считается одной из важнейших [1].

Постановка задачи. Значение надежной работы распределителей шихты особенно возросло в последние годы в связи с увеличением в 5-10 раз избыточного давления газа под колошником, вызванного необходимостью интенсификации процесса плавки и увеличением производительности доменной печи.

По мере повышения давления газа под колошником возрастают предъявляемые к распределителю шихты требования по обеспечению герметичности рабочего пространства печи. Одновременно резко ухудшаются условия работы элементов распределителей шихты, и снижается их стойкость.

Одной из дорогостоящих деталей, определяющих надежность и межремонтный срок службы доменных печей, является малый конус распределителя шихты.

Необходимо отметить, что абсолютное большинство доменных печей работают при повышенном давлении газа на колошнике. Повышение давления газа на каждые 9,8 кПа позволяет увеличить производительность доменной печи на 1-1,5%. Однако, при этом в результате повышения давления газов на колошнике и скорости движения абразивных частиц повышается и интенсивность изнашивания конуса запыленным колошниковым газом, истекающим через неплотности контактной поверхности. В связи с этим разработка эффективных технологических процессов упрочнения рабочих поверхностей конусов является актуальной задачей.

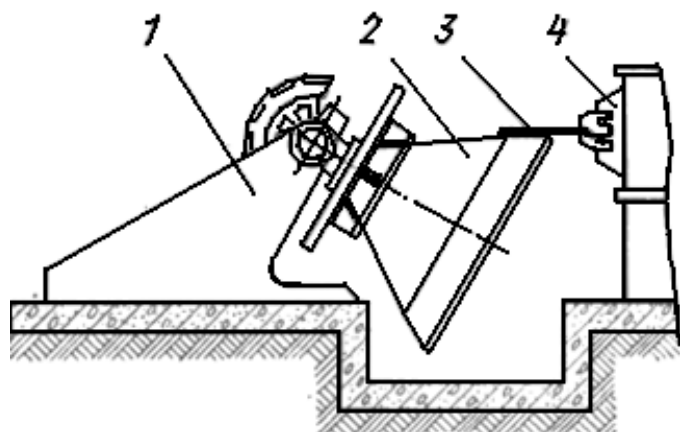
Замена малого конуса с остановкой печи на 2-3 суток вызывает потери 5000-10000 т чугуна и затраты от 60 до 100 тыс. грн. (в зависимости от объема печи). Поэтому становится важным не только сохранение геометрических размеров малых конусов, но и разработка новой технологии их изготовления и упрочнения.

Целью работы является разработать технологический процесс упрочнения поверхности малого конуса доменной печи и показать, что печная наплавка является самым оптимальным методом для упрочнения конуса доменной печи.

Результаты работы. Рассмотрим наиболее популярные методы повышения износостойкости. К ним относятся:

- индукционная наплавка;
- электрошлаковая наплавка.

Индукционная наплавка малого конуса. Технология индукционной наплавки малых конусов показана на рис.1. Для наплавки применена высокочастотная установка типа ЛЗ-206, позволяющая осуществлять нагрев детали токами с частотой 60-70 кГц. В ка-



- 1 – манипулятор; 2 – конус;
3 – индуктор; 4 – установка ТВЧ

Рисунок 1 – Схема индукционной наплавки малого конуса

лучение надежного паяного соединения элементов композиционного сплава, а также последнего с основным металлом.

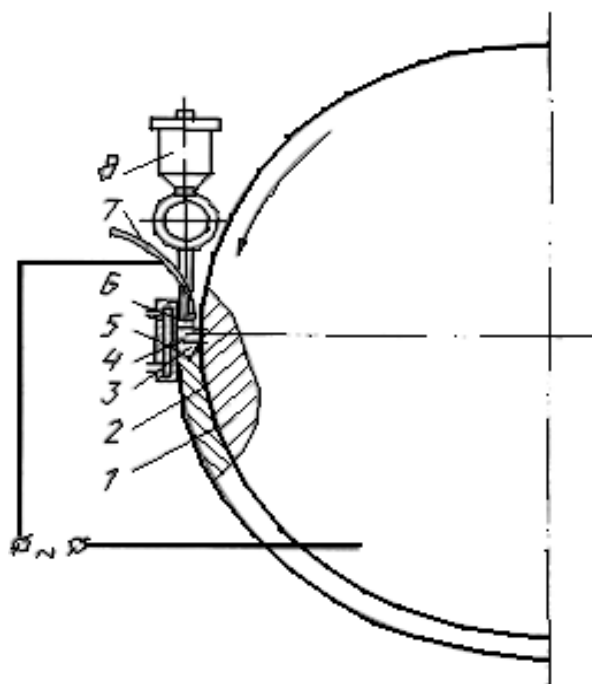
Индукционную наплавку невозможно применять для восстановления деталей с неравномерным износом. Также она обладает высокой энергоемкостью процесса [2, 3].

Электрошлаковая наплавка малого конуса. Разработана технология электрошлаковой наплавки малых конусов композиционными сплавами.

Наплавку проводят в водоохлаждаемом кристаллизаторе, размещенном на уровне диаметрального сечения конуса горизонтальной плоскостью, ось вращения которого горизонтальна.

В качестве электродов для получения сплава-связки применяют порошковую проволоку состава, обеспечивающего ее высокую износостойкость и температуру плавления 1400-1500°C. Наплавку ведут на переменном токе. Упрочняющей фазой композиционного сплава является релит. Для предотвращения растворения зерен релита в сплаве-связке установлена предельная тепловая мощность шлаковой ванны – 18 кДж/с на 1 г подаваемого в 1 с. порошка.

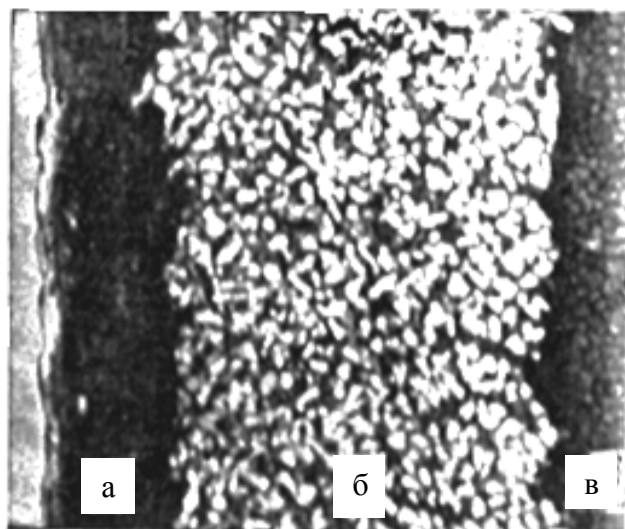
Технология наплавки (рис.2) предусматривает с задан-



- 1 – наплавляемый конус; 2 – наплавленный слой;
3 – металлическая ванна; 4 – шлаковая ванна;
5 – кристаллизатор; 6 – проволочный электрод;
7 – направляющий канал; 8 – дозатор

Рисунок 2 – Электрошлаковая наплавка малого конуса

ной скоростью в шлаковую ванну электродных порошковых проволок, которые, плавясь, создают сплав-связку, образующий матрицу композиционного сплава. В процессе наплавки в кристаллизатор дозировано подают порошок релита, который поверхностно очищается в шлаковой ванне, нагревается и, не оплавляясь, оседает на дно металлической ванны, после кристаллизации которой образуется износостойкий композиционный сплав. При определенных режимах электрошлаковой наплавки получают трехзонное строение наплавленного металла.



а – наружный слой; б – зерна релита;
в – зона сплавления с основным металлом

Рисунок 3 – Трехзонное строение наплавленного слоя при электрошлаковой наплавке малого конуса

вышенная стойкость против образования трещин, обусловленная отсутствием релита в наружном слое и зоне сплавления; сокращение расхода релита благодаря его расположению только в рабочем слое; снижение трудоемкости механической обработки наружного слоя до вскрытия рабочего.

Наплавку конуса проводят за один его полный оборот. Режим наплавки [5]:

Сила тока, А	2000
Напряжение, В	42
Глубина шлаковой ванны, мм	60
Скорость подачи проволоки, м/ч	95
Количество проволок, шт.	4
Диаметр проволоки, мм	4
Время наплавки, ч	3,5
Скорость наплавки, м/ч	2
Производительность наплавки, кг/ч	80
Подача релита, г/мин	160
Толщина наплавленного слоя, мм	20
Ширина наплавленного слоя, мм	180

Замыкание наплавленного слоя осуществляют постановкой дополнительного кристаллизатора. Ширину и толщину наплавленного слоя задают конструкцией основного кристаллизатора. Для наплавки используют смесь флюсов АН-8 и АН-348 в соотношении 3:1 [1].

Зерна релита в матрице сосредоточены в средней части слоя, а зона сплавления с основным металлом и наружный его слой, обрабатываемый металлорежущим инструментом, свободны от этих частиц (рис.3). Трехзонное строение наплавленного слоя в ванне образуется за счет скольжения по ее стенкам зерен релита, имеющим в сечении форму параболы и сосредоточивающимся в донной части ванны. С увеличением крутизны боковых стенок металлической ванны плотность упаковки зерен релита в среднем слое повышается, толщина его уменьшается.

Такая структура наплавленного металла наплавленного металла обеспечивает определенные технологические преимущества, наиболее важные из которых:

Для износостойкой наплавки деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания с умеренными ударными нагрузками, таких как шихтораспределители доменных печей, применяется твердый сплав карбид вольфрама (WC) (релит), который отличается высокой износостойкостью в условиях истирания абразивными материалами.

Химический состав литых карбидов вольфрама приведен в табл.1 [4, 5].

Таблица 1 – Химический состав литых карбидов вольфрама

Наименование сплава	Химический состав %			
	Вольфрам	Углерод связанный	Углерод свободный	Железо
Литой карбид вольфрама	95,8-96,4	3,6-4,0	≤0,05	≤0,15

Эксплуатационные свойства композиционных сплавов во многом определяются свойствами сплавов-связок, особенно в условиях эксплуатации деталей доменных печей, т.е. при значительных термических нагрузках. Сплав-связка MnMц60-20-20, который применяется в композиционных сплавах, относится к дисперсионно-твердеющим сплавам. Причем, интервал температур дисперсионного твердения этого сплава составляет 400-500°C, что соответствует диапазону температур эксплуатации деталей доменных печей. Поэтому недостаточная пластичность и термостойкость сплава-связки MnMц60-20-20 в тяжелых условиях эксплуатации приводит к трещинообразованию, а иногда и к отколам наплавленного композиционного сплава.

Вместе с тем сплавы-связки системы Cu-Ni-Mn имеют высокие технологические свойства при наплавке способом пропитки. В связи с этим были проведены исследования интервала кристаллизации сплавов на медной основе с различным содержанием никеля и марганца, термостойкости и смачиваемости. Интервал кристаллизации сплавов-связок исследовали методом дифференциального термического анализа на установке ПРТ-1000М в атмосфере аргона.

Результаты исследований интервала кристаллизации сплавов-связок приведены в табл.2 [4, 5].

Таблица 2 – Интервал кристаллизации исследуемых сплавов-связок

Сплав №	Химический состав, %			Интервал кристаллизации, °C
	Cu	Ni	Mn	
Медь М1	100.00	–	–	1083
1	89.54	5.35	5.11	1025-1083
2	79.42	13.50	7.08	1035-1102
3	60.20	20.0	19.80	1000-1090
4	44.57	26.50	28.93	980-1070

Выводы.

1. К числу материалов, удовлетворяющих этим требованиям, относятся композиционные материалы. Испытания показали, что газоабразивное изнашивание композиционных сплавов аналогично абразивному, т.о. теневой эффект обеспечивает высокую длительность газоабразивной стойкости композиционных сплавов, практически не зависящую от твердости испытанных сплавов-связок.

Для получения наплавки необходимо, чтобы при температуре плавления расплавленный сплав-связка MnMц60-20-20 смачивал релит и основной металл.

2. Исследования показали, что прочность сцепления наплавленного слоя с заготовкой повышается в 2 раза и достигает величины 250-280 МПа при нарезке на наплавленной поверхности специальных канавок в виде лабиринтов или концентрических окружностей.

3. В технологической части проекта были выбраны оптимальные режимы наплавки малых конусов и разработана рациональная технология наплавки композиционными сплавами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорокин В.Г. Стали и сплавы. Марочник / Сорокин В.Г. – М.: Интермет ИНЖЕНИРИНГ, 2001. – 608с.
2. Наплавка и комбинированные методы обработки засыпных аппаратов доменных печей / под ред. И.А.Толстова, Л.И.Зверева. – М.: Металлургия, 1987. – 152с.
3. Шехтер С.Я. Восстановление оборудования механизированной наплавкой / Шехтер С.Я. – М.: Металлургия, 1965. – 135с.
4. Биковський О.Г. Довідник зварника / Биковський О.Г., Пінковський І.В. – К.: Техніка, 2002. – 336с.
5. Разиков М.И. Восстановление изношенных деталей методом наплавки / Разиков М.И., Толстов И.А. – М.: ГОСИНТИ, 1965. – 37с.

Поступила в редколлегию 04.03.2015.

УДК 671.791.927

КАМЕЛЬ Г.И., д.т.н., профессор
ВОЛКОВ Г.П.*, к.т.н., доцент
МАКАРЕНКО П.П., зав. лабораторией
БЕЙЧУК Е.Р., студент

Днепродзержинский государственный технический университет

*Запорожский национальный технический университет

ЭЛЕКТРОШЛАКОВАЯ НАПЛАВКА ПОРОШКОВЫМ ЭЛЕКТРОДОМ ВАЛКОВ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

Введение. Валок входит в систему прокатного стана и предназначен для деформирования материала. По существующей технологии валки на предприятии получали механической обработкой проката круглого сечения диаметром 80 мм из углеродистой стали У7 или 45ХН2МФЛ. При таком способе изготовления 40% металла уходит в стружку, производство одного валка занимало значительное время, валок не имел высокой износостойкости. Все это существенно увеличивает себестоимость проката.

Постановка задачи. Согласно литературным данным, при производстве валков горячей прокатки широко используются традиционные наплавочные материалы (ПП-АН147, ПП-3Х2В8, 30ХГСА), обладающие твердостью после наплавки 40-42 НРС. Для увеличения срока службы валка были применены стали с лучшими характеристиками, такие как сталь ДИ22, ДИ23, Р6М5 (с твердостью 60-63 НРС).

В настоящее время большое внимание исследователей и производителей привлекают быстрорежущие стали. Наиболее активно эти новые материалы рекламируют компании «Nippon Steel» (Япония), «Gontermann-Peipers» (Германия). Известны работы института им. Патона по изготовлению валков горячей прокатки из быстрорежущих сталей.

Однако большие габариты прокатных валков не позволяют производить термическую обработку в соляных ваннах и тем самым сформировать комплекс свойств, характерных для стали Р6М5.

Целью данной работы является повышение износостойкости валков горячего проката за счет выбора технологии изготовления валков горячей прокатки и оптимального материала.

Результаты работы. Исследование отливок из сталей ДИ-22, ДИ-23 и Р6М5, полученных методом электрошлаковой выплавки показало, что в результате переплава содержание химических элементов существенно не изменяется. В частности, весовая доля таких элементов, как марганец, хром, вольфрам, молибден, ванадий, как в расходуемых электродах, так и в полученных отливках была практически одинакова. Наблюдался незначительный угар кремния, за один переплав содержание кремния уменьшалось на 0,10-0,12%. Также отмечено снижение содержания серы в отливках, что объясняется эффектом рафинирования металла при переплаве. Весовая доля серы в среднем снижалась на 0,002-0,003%. В качестве примера в табл.1 приведены результаты исследования влияния электрошлаковой выплавки на химический состав стали ДИ-22, ДИ-23 и Р6М5. При выплавке заготовок валка горячей прокатки винтового станка используется флюс АНФ-6, ГОСТ 22974.0-96, не содержащий кислотных и основных оксидов. Флюс АНФ-6 является рафинирующим флюсом, что приводит к снижению вредных примесей [1].

Таблица 1 – Влияние электрошлаковой наплавки на химический состав сталей ДИ-22, ДИ-23 и Р6М5

	Марка стали	Массовая доля, %								
		Si	Mn	Cr	W	V	Mo	C	S	P
Расходуемый электрод	ДИ-22	0.64	0.30	2.98	3.95	1.50	1.00	0.50	0.035	0.025
	ДИ-23	0.68	0.32	3.00	3.85	1.50	0.96	0.47	0.032	0.028
Порошковый электрод	Р6М5	0.70	0.40	4.1	5.5	1.80	5.0	0.82	0.028	0.026
Металл отливки	ДИ-22	0.58	0.28	2.95	3.90	1.48	1.00	0.48	0.022	0.022
	ДИ-23	0.60	0.30	3.00	3.86	1.50	0.96	0.47	0.025	0.021
	Р6М5	0.65	0.36	3.50	5.7	1.75	4.80	0,78	0.025	0,021
	Р6М5*	0.65	0.35	3.49	5.7	1.75	4.80	0.77	0.016	0.021

* – получен порошковым электродом

Исследование изнашивания поверхности валка.

На образующей бочки валка располагаются две характерные зоны: на цилиндрической части – заходная и конусной – непосредственно деформирующая заготовку. В результате подачи заготовки на валок происходит скольжение деформируемого прутка на цилиндрической поверхности. Это усугубляет предел износа цилиндрической части валка, то есть, кроме термического изнашивания, добавляется механическое. В результате действия этих факторов на цилиндрической поверхности формируется канавка, схематично представленная на рис.1. Размеры канавки увеличиваются в зависимости от количества циклов прокатки. При достижении критического износа валок перетачивают на меньший диаметр [1, 2].

При горячей прокатке на поверхности валков образуются трещины разгара. Разгаростойкость валковых материалов в значительной мере связана с повышенным содержанием серы. Однако при весьма низком содержании серы согласно данным ряда исследований возможно появление камневидного излома I рода, обусловленного выделением по границам аустенитного зерна сульфида марганца. Хрупкие участки структуры и неудаленные трещины разгара могут приводить к разрушению валка при эксплуатации.

При уменьшении количества и размеров графитовых включений износостойкость валков увеличивается. В то же время графитовые включения уменьшают износ при трении.

При эксплуатации и даже на стадии изготовления прокатные валки могут разрушаться под действием механических нагрузок, термоциклирования, действия коррозии и других причин [2].

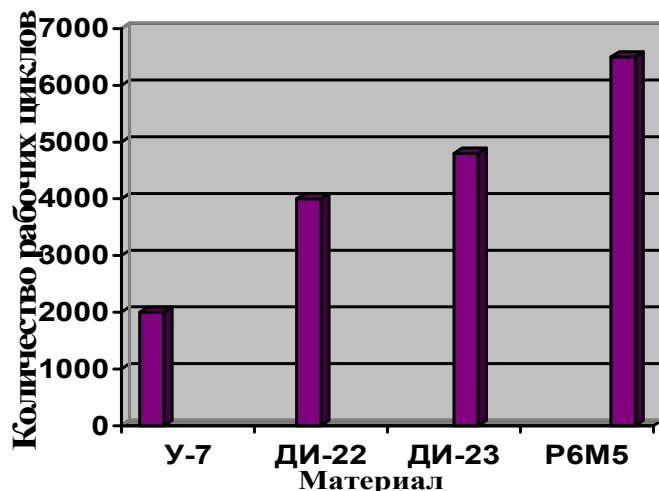


Рисунок 2 – Диаграмма износа материалов

Известно, что наименьшее сопротивление износу имеет валок, изготовленный из стали У7: за 40 рабочих часов валок до износа прокатал 10 т металла. Рассмотренные валки из стали ДИ-22 и Ди-23 показали, что сопротивление износу повысилось в два раза, а сопротивление износу валка из стали Р6М5 – в три раза.



Рисунок 3 – Износ рабочей части вала из стали У7

технология электрошлаковой наплавки порошковым электродом валков горячей прокатки с высоким уровнем твердости из стали Р6М5. Металл ЭШН обладает дополнительным

Исследования износостойкости валков проводим в сравнительной характеристике (рис.2). Для сравнения было взято четыре валка из различных видов стали, таких как сталь У7, ДИ-22, ДИ-23, Р6М5.

Изначально на станах горячей винтовой прокатки были использованы валки из стали У7. Для увеличения срока службы валка применены стали с лучшими характеристиками, такие как сталь ДИ-22, ДИ-23, Р6М5 [3].

При рассмотрении данной диаграммы можно сделать вы-

вод, что наименьшее сопротивление износу имеет валок, изготовленный из стали У7: за 40 рабочих часов валок до износа прокатал 10 т металла. Рассмотренные валки из стали ДИ-22 и Ди-23 показали, что сопротивление износу повысилось в два раза, а сопротивление износу валка из стали Р6М5 – в три раза.

За критерий износа принималось появление канавки на поверхности валка, которая влияет на качество производства проката. Данный вид износа представлен на рис.3. При работе валка из стали У7 высота канавки составляет порядка 3-4 мм, а при применении валков из стали ДИ-23 и Р6М5 размер износа в значительной мере сократился. В качестве сравнения на рис.4 представлен износ рабочего валка из стали ДИ-22 [3, 4].

Выводы. В данной работе разработана тех-



Рисунок 4 – Износ рабочей части вала из стали ДИ-22

запасом пластичности и меньшей микропористости по сравнению с металлами открытой выплавки.

Опытный валок по своей износостойкости превосходит стандартный в 3 раза. При этом расход металла сократили на 50%.

Высокой выносливостью и долговечностью отличаются заготовки деталей, полученные методом электрошлаковой наплавки, благодаря эффективному снижению в них содержания неметаллических включений, серы, фосфора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фрумин И.И. Повышение стойкости прокатных валков посредством наплавки / Фрумин И.И. – М.: Автоматическая сварка, 1954. – 279с.
2. Кащенко Ф.Д. Особенности износа прокатных валков и вопросы разработки наплавочных материалов. Современные способы наплавки и их применение / Кащенко Ф.Д., Фрумин И.И., Гордань Г.Н. – К.: АН УССР, 1990. – 116с.
3. Воронин В.М. Механические свойства сталей и сплавов, полученных путем электрошлакового переплава / Воронин В.М., Ковалев М.М., Томилин В.Н. – М.: Металлургия, 1965. – 360с.
4. Сорокин В.Г. Марочник сталей и сплавов / Сорокин В.Г., Колосникова А.В. – М.: Машиностроение, 1989. – 640с.
5. Бондин И.Н. Контроль качества сварных соединений и конструкций / Бондин И.Н. – М.: Машгиз, 1962. – 160с.

Поступила в редколлегию 04.03.2015.

УДК 676.791.927

КАМЕЛЬ Г.И., д.т.н., профессор
ГЛУШКО В.И.*, к.т.н., доцент
ИВЧЕНКО П.С., к.т.н., доцент
ЖМУРИН Д.А., бакалавр

Днепропетровский государственный технический университет
*Запорожский национальный технический университет

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШКВОРНЯ ТЕЛЕЖКИ ТЕПЛОВОЗА

Введение. Шкворень предназначен для передачи усилия тяги и торможения от тележки на кузов, а также позволяет тележке проворачиваться в горизонтальной плоскости при движении по криволинейному участку пути [1].

В процессе эксплуатации шкворень тележки тепловоза испытывает различные напряжения при статической, динамической и знакопеременной нагрузках. В связи с

этим эксплуатационная надежность деталей находится в прямой зависимости от их прочности и износостойкости [1].

С целью повышения этих характеристик необходимо правильно выбирать материал деталей, совершенствовать технологии их восстановления наплавкой, включая термическую обработку и др. В каждом агрегате детали, подвергающиеся одинаковому виду износа, должны иметь по возможности одинаковые свойства, обеспечивающие срок службы, соизмеримый с межремонтным периодом работы механизма [2].

Постановка задачи. Требования, предъявляемые к шкворню, сводятся в основном к следующим: поверхностный слой должен отличаться высокой прочностью, высоким сопротивлением износу; рабочий слой должен быть свободен от значительных внутренних закалочных напряжений.

Этим требованиям наиболее полно удовлетворяет биметаллическое исполнение детали с наплавленным рабочим слоем [2]. Рабочая поверхность должна быть наплавлена слоем износостойкого металла соответствующего химического состава с нужными механическими свойствами. По мере износа рабочий слой может многократно восстанавливаться наплавкой. Наплавленный слой отличается высокой прочностью, износостойкостью, закалочные напряжения в нем полностью отсутствуют, а возникающие напряжения в период наплавки получают разрядку в результате предварительного нагрева и отпуска после наплавки.

На поверхности детали не должно быть трещин, глубоких наплывов и углублений. Разность диаметров окружностей не должна превышать 0,001 номинального диаметра. Цель работы – разработать технологический процесс восстановления шкворня тележки тепловоза.

Результаты работы. Наплавка – один из наиболее распространенных способов повышения долговечности и работоспособности деталей металлургического оборудования. Технология наплавки широко используется как при изготовлении, так и при ремонте деталей машин и инструмента. Целью наплавки является восстановление размеров изношенных деталей, повышение износостойкости, получение слоя с особыми свойствами, упрощение технологии изготовления некоторых изделий.

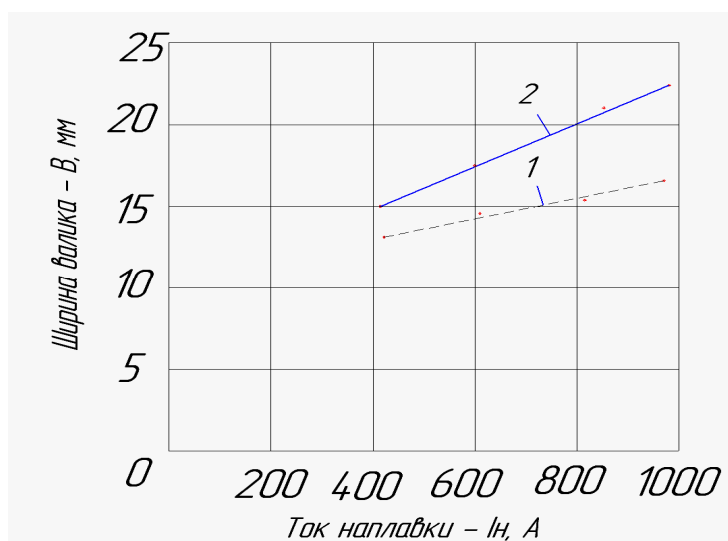
Широкое использование наплавки внесет заметный вклад в решение задач всемерного повышения эффективности производства. Многие детали подвижного состава железнодорожного транспорта работают в тяжелых условиях [4]. Большие нагрузки, динамическое воздействие, изнашивание, влияние агрессивных сред заставляют очень внимательно относиться не только к конструктивному оформлению изделий, но и к выбору материала. Кроме того, при проектировании и эксплуатации машин зачастую не используют эффективные средства снижения их износа. С этим связаны огромные материальные затраты на ремонт машин и убытки от их простоя.

Наплавка представляет исключительно широкие возможности получения биметаллических и полиметаллических изделий, причем изменение химического состава и свойств может охватывать не только поверхностные зоны, но и глубинные. Наплавка повышает техническую и экономическую эффективность производства, ликвидируя или уменьшая простои основного и вспомогательного оборудования. Одним из путей повышения производительности процесса наплавки является использование продольных магнитных полей.

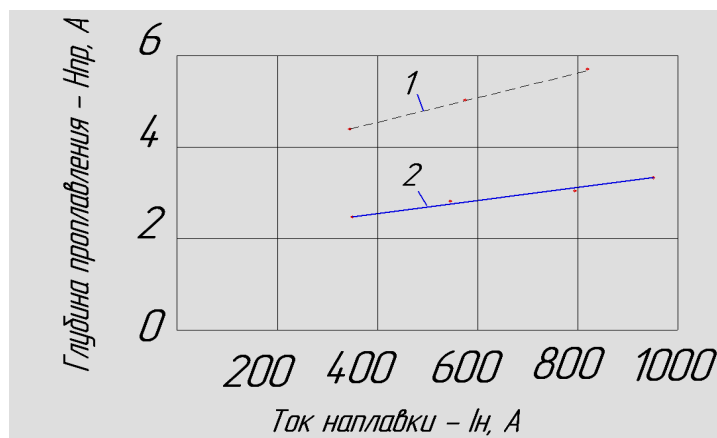
Для исследования влияния продольного магнитного поля на форму наплавленного валика изготовлен соленоид со стальным сердечником. Проведенные исследования показали, что дуга горит устойчиво как в постоянном, так и в переменном магнитном поле. Для упрощения конструкции устройства и электрической схемы был пред-

ложен вариант с использованием сварочного тока в катушке соленоида. Схема устройства показана на листе ГКИЮ 159309.003.

В ходе экспериментов изучено влияние продольного магнитного поля на форму и размеры наплавленного валика. На рис.1 [3] показаны зависимости размеров валика от силы сварочного тока. Размеры валиков определяли на макрошлифах (как среднее из трех значений на каждом режиме наплавки). Линия 1 (рис.1, а) показывает, как изменяется ширина наплавленного валика в зависимости от тока дуги при наплавке без наложения на дугу продольного магнитного поля. Как видно, приращение ширины валика в этом случае невелико, а при требуемой силе тока 600-650 А не достигает и 15 мм. При наплавке в продольном магнитном поле (линия 2 на рис.1, а) с увеличением тока ширина валика растет более резко и в нужном диапазоне токов достигает 17-18 мм. Продольное магнитное поле, воздействуя на дугу, также уменьшает глубину проплавления основного металла.



а)

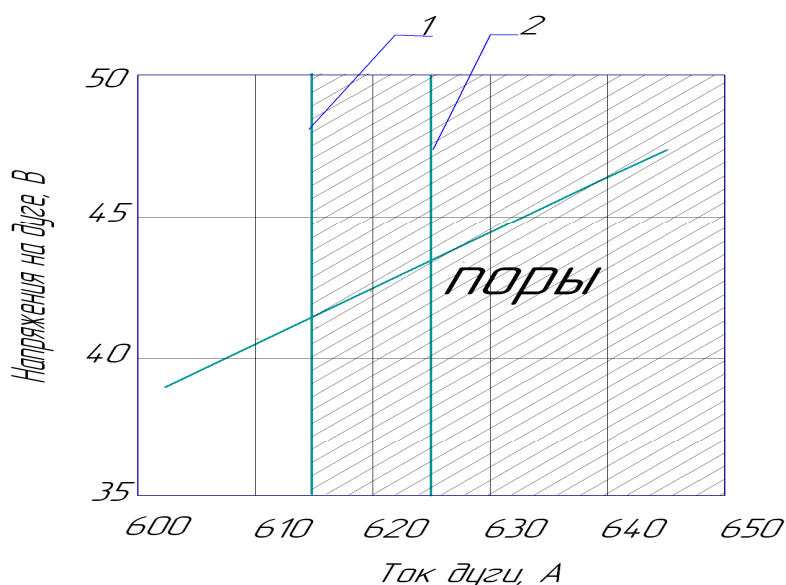


б)

- 1 – наплавка без наложения магнитного поля;
- 2 – наплавка в постоянном продольном магнитном поле

Рисунок 1 – Зависимость ширины валика (а) и глубины проплавления (б) от тока наплавки ($U_d = 30 - 32$ В)

Эти явления связаны с тем, что в случае наложения магнитного поля на дугу при увеличении тока растет и величина магнитного поля, которое, в свою очередь, растягивает дугу, уменьшая при этом удельное тепловложение дуги, что уменьшает ее проплавляющую способность.



1 – проволока CB-08A; 2 – проволока 30ХГСА

Рисунок 2 – Влияние тока на напряжение на дуге при наплавке в продольном магнитном поле

магнитном поле полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к качеству наплавленного металла, а именно:

- большая ширина валика, что позволяет увеличить производительность процесса;
- малая глубина проплавления, что улучшает качество наплавленного металла за счет уменьшения доли участия основного металла;
- отсутствие пор в наплавленном металле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тылкин М.А. Повышение долговечности деталей металлургического оборудования / Тылкин М.А. – М.: Металлургия, 1971. – 608с.
2. Эксплуатация и ремонт подвижного состава электрических железных дорог / [Горнов О.Ф., Максимов Н.В., Мейендорф А.В. др.]. – М.: Транспорт, 1968. – 344с.
3. Гаген Ю.Г. Сварка магнитоуправляемой дугой / Ю.Г.Гаген, В.Д.Таран. – М.: Машиностроение, 1970. – 160с.
4. Размышляев А.Д. Магнитное управление формированием швов при дуговой сварке: монография / Размышляев А.Д. – Мариуполь: Изд-во ПГТУ, 2000. – 245с.

Поступила в редколлегию 04.03.2015.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ВІДНОВЛЕННЯ І ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ БАНДАЖІВ КОКСОДРОБАРОК ЕЛЕКТРОДУГОВИМ НАПЛАВЛЕННЯМ

Вступ. Агломерація в металургії – це термічний процес згрудкування дрібних матеріалів (руди, рудних концентратів, що містять метали відходів і ін.), які є складовими частинами металургійної шихти, шляхом їх спікання з метою отримання офлюсованого агломерату, необхідного для виплавки чавуну. До складу шихти входить дрібний коксик, витрата якого складає 4-6% від маси спікливого агломерату.

У коксоподрібнювальне відділення аглофабрики надходять шматки коксику розміром ≤ 25 мм і для його подрібнення до розміру 3-0 мм використовують дво- або чотиривалкові дробарки.

Чотиривалкові дробарки застосовуються при переробці корисних копалин, відходів будівельних матеріалів, скла, шлаків, вогнетривів, відпрацьованих формувальних сумішей, в металургії і т.п. (рис.1).

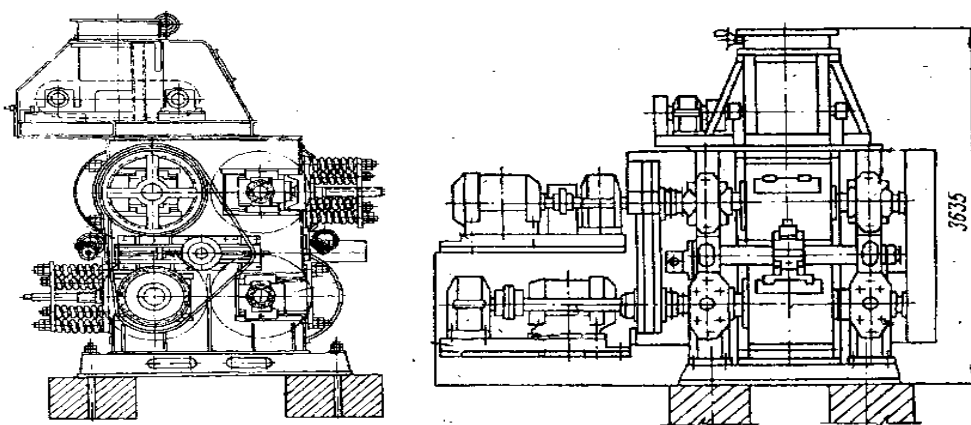


Рисунок 1 – Коксодробарка чотиривалкова

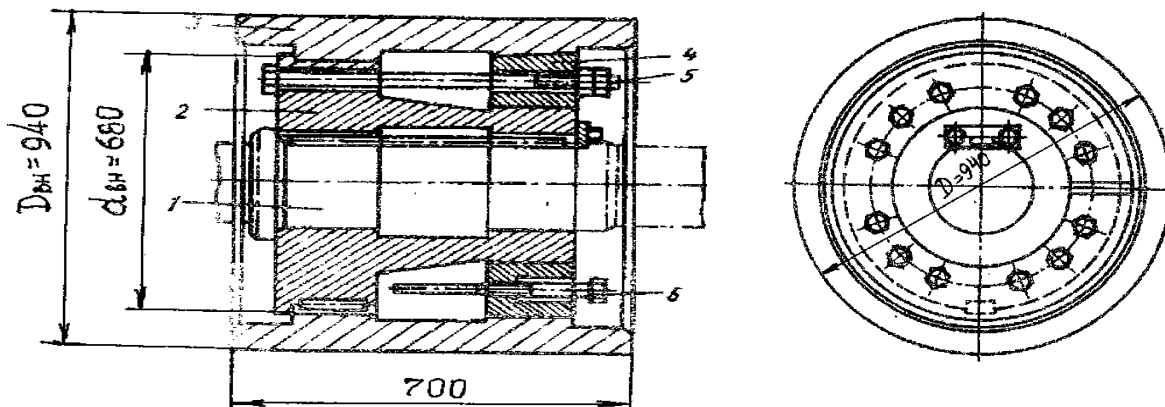
Валки коксодробарки з бандажами працюють в тяжких експлуатаційних умовах ударно-абразивного зношення при зміні температури від -40 до $+40$ °С. Ударно-абразивні навантаження в литих сталевих бандажах валків призводять до зношення їх поверхні, особливо по центру бандажів, і виникнення тріщин, що погіршує якість продукції і у ряді випадків призводить до руйнування бандажів.

Дробарки працюють в умовах інтенсивного ударно-абразивного зношення і тому, щоб вміст мілкового коксику розміром 3-0 мм складає 96%, бандажі верхніх валків необхідно проточувати при цілодобовій безперервній роботі дробарки 1 раз на добу при першій стадії подрібнювання і крупності коксику 15-20 мм, а бандажі нижніх приводних валків – 1 раз за 2-3 доби при другій стадії подрібнювання і крупності коксику 15-0 мм.

Бандажі виготовляються з кованої сталі 9Х, литих низьколегованих сталей 70ХЛ і 50Г2Л, легovanого чавуну і чавуну з сфероїдальним графітом та інших матеріалів. Ба-

ндажі зі сталі 70ХЛ мають твердість 270 НВ і низьку ударно-абразивну зносостійкість – зношення їх поверхні складає 1,5 мм за дві-три доби, і вони потребують заміни і відновлення через 2,5-3,0 місяці. Використання матеріалів для відновлення і наплавлення з більш високою твердістю частково обмежується конструктивними можливостями механізму проточки зношеної поверхні бандажів, але при використанні різців з кіборитовими пластинами ця проблема вирішується позитивно [1-5].

Ескіз валка коксодробарки з бандажем наведено на рис.2.



1 – приводний вал; 2 – насадка; 3 – бандаж; 4 – вставки; 5 – натяжні болти

Рисунок 2 – Ескіз валка коксодробарки з бандажем

Габаритні розміри бандажів валків коксодробарки наступні:

- довжина бочки бандажа нижнього приводного валка, мм..... 700;
- довжина бочки бандажа верхнього не приводного валка, мм..... 700;
- зовнішній діаметр бандажа валка, мм 940 ± 2 ;
- внутрішній діаметр бандажа валка, мм 680 А/Н;
- маса бандажа приводного / не приводного валка, кг..... 1650/1400.

Періодично по мірі зношення бандажі треба відновлювати, але тільки робочу частину – бочку, тому що інші вузли практично зношуються мало. Максимальна допустима величина зношення бандажів – до 50 мм. Враховуючи складне економічне становище, відсутність бандажів в достатній кількості, бандажі і інші деталі дробарок з метою підвищення терміну їх експлуатації відновлюють електродуговим наплавленням зносостійкими матеріалами і іншими способами та використовують по декілька разів.

Наплавлення – один з основних процесів реновації деталей, що дозволяє поліпшити техніко-економічні показники при відновленні і зміцненні виробів, економити природні і енергетичні ресурси та значно поліпшити екологію.

Наведені дані ефективності відновлення і наплавлення показують, що наплавлювальні технології, устаткування і матеріали замінюють придбання нових деталей, збільшують термін служби і дають наступну економію:

- а) відновлювальне наплавлення одного кілограма наплавлювального матеріалу замінює придбання 20-25 кг нових деталей;
- б) зміцнювальне наплавлення одного кілограма наплавлювального матеріалу замінює придбання 60-75 кг нових деталей;
- в) зміцнювальне наплавленням збільшує термін служби деталей в 2-5 разів;
- г) від вкладення 1 грн. в наплавлення отримують від 5 до 20 грн. економії.

Окрім цього наплавлення має природоохоронне і ресурсозберігаюче значення, оскільки використанні 1 кг наплавленого матеріалу дозволяє економити 70-100 кг агломерату, 20-30 кг коксу, 4-5 кВт електроенергії і 6-8 м³ природного газу.

Постановка задачі. Підвищення якості подрібнювального коксикіу і терміну експлуатації чотиривалкових коксодробарок аглофабрики за рахунок зміни марки металу бандажів, які використовуються для їх виготовлення, і електродугового наплавлення зношеної поверхні прогресивними зносостійкими самозахисними порошковим дротами типу ВЕЛТЕК.

Бандажі працюють в ударно-абразивному середовищі і зношення робочої поверхні досягає максимум до мінус 50 мм від номінального діаметра. Для відновлення робочої поверхні бандажів до розміру $D_{\text{ном}}$ виконується проточка зношеної поверхні на токарному верстаті типа 1К826 до чистоти робочої поверхні 5-го класу, а потім – відновлювальне і зміцнювальне наплавлення.

Результати роботи. З метою поліпшення якості коксикіу, зниження собівартості і підвищення експлуатаційного терміну роботи бандажів для їх виготовлення доцільно використовувати сталь 35Л з наплавленим зносостійким шаром замість сталі 70ХЛ. Сталь 35Л має межу плинності $\sigma_T = 280-310$ МПа, що більша від сили стиснення коксика валянними дробарки ($\sigma_T \approx 150$ МПа) при подрібнюванні.

Для встановлення коефіцієнта зносостійкості виготовлялися циліндричні зразки з основного металу – сталі 70ХЛ (еталон) і для наплавлення – зі сталі 35Л розміром 35x10 мм. У межах однієї серії випробувань технологія виготовлення зразків була однаковою. При механічній обробці не допускалася зміна властивостей матеріалу зразка внаслідок нагріву, наклепу і тощо.

Після очищення і обезжирювання на торці зразків зі сталі 35Л виконувалося наплавлення зносостійкого шару загальною товщиною 10 мм дротами ПП-АН103 (Нп-200Х12М) для однієї партії, ПП-АН125 (Нп-200Х15С1ГРТ) – для другої і ВЕЛТЕК-Н.620 (Нп-70Х5Г3М3С2ФР) – для третьої. Діаметр дротів становив 3,0-3,6 мм.

Наплавлення зразків, встановлених в касету, виконувалося автоматом А-231 в наступних режимах:

- | | | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| а) дріт 3,6ПП-АН103: | $I_{\text{зв}} = 350-400$ А; | $U_{\text{д}} = 30$ В; | $V_{\text{п.др}} = 110-120$ м/год; |
| б) дріт 3,2ПП-АН125: | $I_{\text{зв}} = 300-350$ А; | $U_{\text{д}} = 28$ В; | $V_{\text{п.др}} = 110-120$ м/год; |
| в) дріт 3,0ВЕЛТЕК-Н.620: | $I_{\text{зв}} = 250-300$ А; | $U_{\text{д}} = 26$ В; | $V_{\text{п.др}} = 100-110$ м/год. |

Після механічної обробки наплавлених зразків до чистоти робочої поверхні 5-го класу вони досліджувалися на зносостійкість. Відібрані зразки маркірувалися тавруванням на неробочих поверхнях. Для промивання зразків перед випробуваннями і зважуванням використовувався бензин і ацетон за ГОСТ 2768-84.

Твердість зразків з наплавленого і еталонного матеріалів визначалася за ГОСТ 2999-75.

Дослідження виконувалися на лабораторній установці, змонтованій на базі настільного свердлувального верстата, на колоні якого була встановлена і закріплена апаратура. До складу апаратури входять: динамометр, шпindel з повітряним охолодженням і інвертер з регулюванням частоти в межах 0-400 Гц потужністю по 0,5 кВт кожний, які використовуються у верстатах з ЧПУ, що забезпечило число обертів шпинделя 8000-24000 хв⁻¹. У патроні голівки шпинделя закріплювалися еталонні і наплавлені зразки.

Тертя зразків здійснювалось по абразиву з чорного карбїду кремнію (КЧ35-ВТ2), встановленого і закріпленого на столі установки.

Перед початком випробування в патроні закріплялися зразки, включалася апаратура, встановлювалися необхідна частота і число обертів. Шпиндель і патрон зі зразками вільно опускалися вниз до зіткнення зразків з абразивом і створення тиску.

Дослідженню рандомізовано піддавалися по три зразки з еталонного і наплавленого матеріалу впродовж 1-2 годин при числі обертів 8000-24000 хв⁻¹. в залежності від марки наплавленого дроту. При встановленні і зніманні зразків не допускалося ушкодження їх поверхні.

Після закінчення випробувань усі зразки оброблялися промивальними рідинами, просушувалися на повітрі і зважувалися. При втраті маси зразка менше 0,005 г тривалість випробувань збільшувалася в 2 рази.

Обробка експериментів виконувалася за результатами зважування зразків з погрішністю не більше 0,0002 г до і після випробувань.

Коефіцієнти відносної зносостійкості наплавленого матеріалу зразків визначалися за формулою:

$$K_{в.зн} = \frac{g_{\text{ет}} \cdot \rho_{\text{д}}}{g_{\text{д}} \cdot \rho_{\text{а}}},$$

де $g_{\text{ет}}$, $g_{\text{д}}$ – втрата маси еталонних і досліджуваних зразків, г;

$\rho_{\text{ет}}$, $\rho_{\text{д}}$ – питома густина еталонних і досліджуваних зразків, г./см³.

Результати експериментів в перерахунку на максимальне зношення поверхні приводного бандажа за 2,5-3 місяці (до 40-50 мм за 2160 годин) наведено в табл.2.

Таблиця 2 – Результати експериментів

Матеріал бандажа	Дроти для наплавлення	НВ, HRC	Втрати маси приводного бандажа з урахуванням проточки		Втрата маси, бандажа, %	$K_{в.зн}$
			кг/год.	кг/за 2160 год.		
Ст70ХЛ – еталон	Термообробка	240-280 (23-29)	0,306	660,0	40,0	1,0
Ст35Л	ПП-АН103	40-44	0,180	388,2	23,53	1,7
	ПП-АН125	52-54	0,087	188,6	11,43	3,5
	ВЕЛТЕК-Н.620	62-64	0,056	120,0	7,27	5,5

Обробка результатів експериментів показує, що зношення маси бандажів зі сталі 35Л, наплавленої дротами різних марок, буде зменшуватися на 0,180-0,056 кг/год., проти 0,306 кг/год. зі сталі 70 ХЛ.

Найбільший коефіцієнт відносної зносостійкості мають зразки, наплавлені порошковим дротом ВЕЛТЕК-Н.620, який належать до системи наплавлення Fe-C-Cr-Mo-V-W і забезпечує більшу зносостійкість та практично відсутність гарячих і холодних тріщин.

Гістограма залежності відносного коефіцієнта зносостійкості сталі 70ХЛ показана на рис.3.

Отримане рівняння поліноміальної апроксимації зміни зносостійкості наступне:

$$y = 0,2081x^2 + 0,5365x; \quad R^2 = 0,9911.$$

Графік втрати маси бандажа в залежності від коефіцієнта відносної зносостійкості наведено на рис.4.

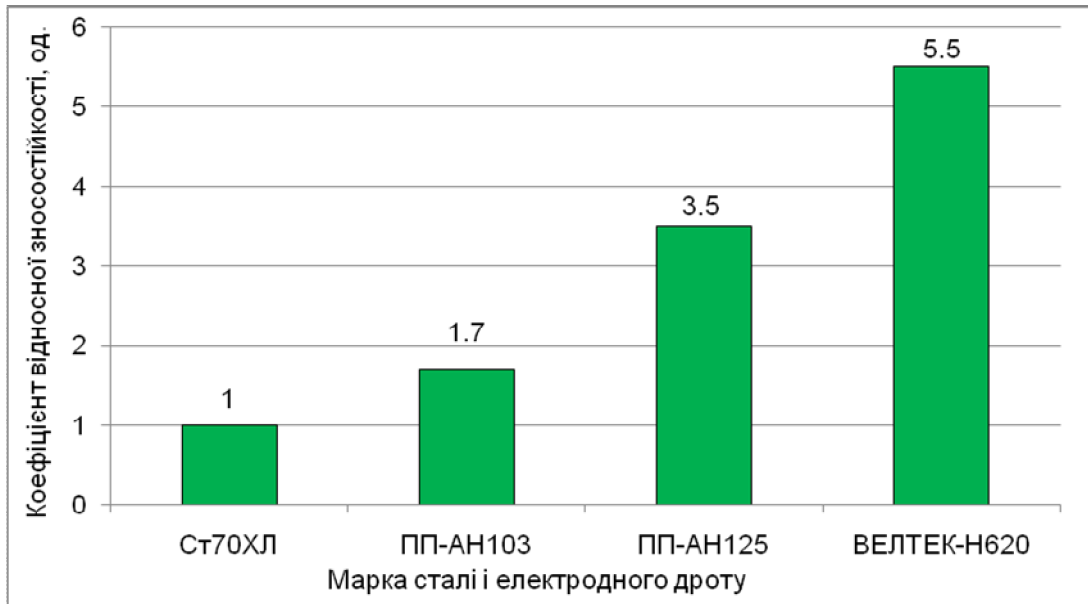


Рисунок 3 – Гістограма відносної зносостійкості наплавленого металу

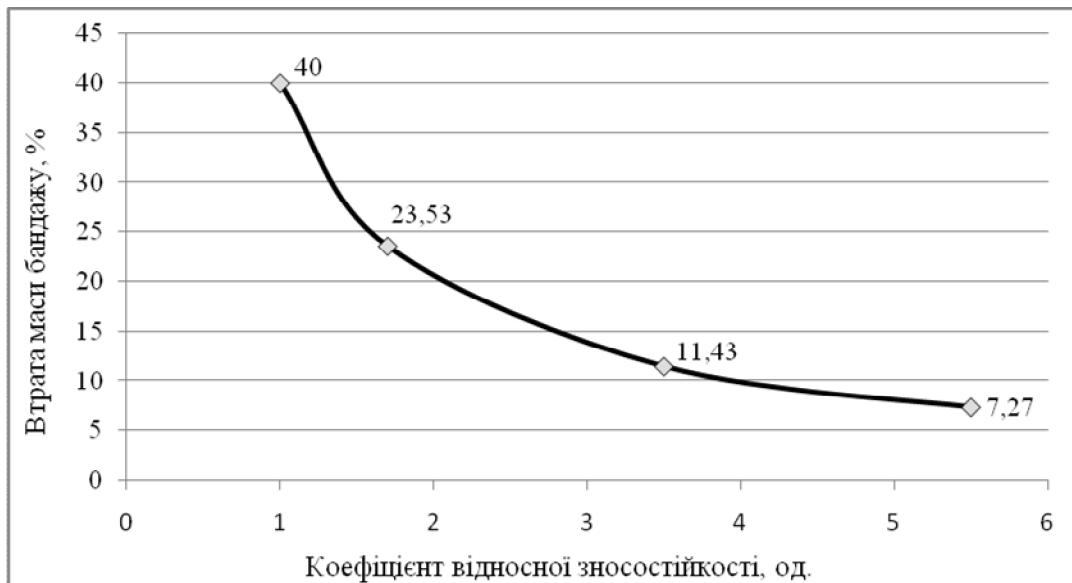


Рисунок 4 – Графік залежності втрати маси бандажа від коефіцієнта відносної зносостійкості

Висновки. Бандажі валків коксодробарок експлуатуються в складних умовах при дії ударно-абразивного зношення.

Максимально допустиме зношення робочого шару бандажів валків складає до 50 мм від попередньої товщини, що знижує термін їх роботи до 2,5-3,0 місяців.

Бандажі коксодробарки для наступного відновлення і зміцнення доцільно виготовляти зі сталі 35Л, наплавленої дротом марки ВЕЛТЕК-Н.620, замість сталі 70ХЛ або іншої.

При проточуванні бандажів, наплавлених дротами марки ВЕЛТЕК-Н.620, доцільно використовувати різці з кіборитовими пластинками.

Найбільший коефіцієнт відносної зносостійкості $K_{в.зн}=5,5$ мають зразки, наплавлені дротом ВЕЛТЕК-Н.620, ніж зразки, наплавлені дротами ПП-АН103 і ПП-АН125.

Зношення маси бандажів з термообробленої сталі 70ХЛ за 2,5-3 місяця роботи складає 40% (0,306 кг/год.), а наплавлених дротами ПП-АН103 – 23,53% (0,180 кг/год.), ПП-АН125 – 11,43% (0,087 кг/год.) і ВЕЛТЕК-Н.620 – 7,27% (0,056 кг/год.).

Термін експлуатації бандажів, наплавлених самозахисним порошковим дротом ВЕЛТЕК-Н.620, планується вищим, ніж бандажів з термообробленої сталі 70ХЛ у 3-4 рази.

Для підвищення технологічних і експлуатаційних показників бандажів коксодробарок, зниження трудомісткості виготовлення і собівартості доцільне використання для їх поверхневого облаштування готових листових футерованих зносостійких елементів, запропонованих ІЕС ім. Є.О.Патона.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рябцев И.А. Наплавка деталей машин и механизмов / И.А.Рябцев. – К.: Екотехнологія, 2004. – 160с.
2. Рябцев И.А. Реновационные наплавочные технологии в металлургии и машиностроении / И.А.Рябцев, Ю.М.Кусков, Н.А.Кондратьев // Металлургия и машиностроение. – 2003. – № 1. – С.11-14.
3. Б.В.Клушанцев. Дробилки. Конструкция, расчёт, особенности эксплуатации / Б.В.Клушанцев, А.И.Косарев, Ю.А.Муйземнек. – М.: Машиностроение, 1990. – 320с.
4. Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание / В.Н.Виноградов, Г.М.Сорокин, М.Г.Колокольников. – М.: Машиностроение, 1990. – 221с.
5. Жудра А.П. Оборудование и материалы для износостойкой наплавки листовых футеровочных элементов / А.П.Жудра, А.П.Ворончук, С.И.Великий // Автоматическая сварка. – 2009. – № 9. – С.53-55.

Надійшла до редколегії 04.12.2014.