

УДК 621.791.92

А.И. Панфилов¹, А.В. Копшко¹, Ю.М. Кусков²

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЛИСТОВ SWIP В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

¹ООО «Стил Ворк», г. Кривой Рог

²ИЭС НАН Украины им. Е.О. Патона, г. Киев

Показаны перспективы использования биметаллических листов SWIP в угольной промышленности. Предложенная технология получения листов методом дуговой наплавки и эффективная техника раскроя биметалла с целью изготовления заготовок, по форме и по размерам соответствующих изношенным деталям, позволяет значительно ускорить ремонтные работы и повысить их качество. При этом выбор наплавочных материалов может осуществляться с учетом конкретных условий эксплуатации деталей, которые изнашиваются.

Анализ тенденций развития горно-металлургического комплекса Украины показал, что изношенность его основных фондов составляет 60% и более [1]. Не менее сложная обстановка сложилась и в угольной отрасли.

Каменный уголь до сих пор является одним из основных видов топлива в энергетическом хозяйстве страны, составляя с бурым углем общую группу твердого минерального сырья. Не имея достаточной собственной базы добычи нефти и природного газа, Украина вынуждена активизировать разработки угольных месторождений, несмотря на то, что технические условия выполнения этих работ усложняются из года в год.

Особенно трудным является решение задач теми предприятиями, которые, дойдя до глубин почти полтора километра, практически исчерпали свои подъемные возможности. В этой ситуации важную роль играет масса подъемных сосудов шахт – чем она меньше, тем выше грузоподъемность сосуда. Но проблема состоит в том, что чем тоньше футеровка, тем быстрее выходит из строя это устройство.

Одной из причин возникновения в угольной промышленности трудностей является устаревшее и изношенное оборудование. Наряду с этим на должном уровне не финансируется приобретение нового оборудования. Как следствие, возникает необходимость проведения частых ремонтов находящегося в эксплуатации старого оборудования. Соответственно, все больше возрас-

тают требования по снижению затрат на проведение ремонтов и требования по увеличению межремонтных сроков.

Одним из путей решения этой проблемы является восстановление оборудования методом наплавки, обеспечивающим получение на рабочих поверхностях повышенных специальных свойств. В условиях шахт для большинства эксплуатируемых деталей и узлов к таким специальным свойствам относится стойкость против абразивного износа частицами угля, сопутствующей породы и коррозии, образующейся в результате воздействия влажного воздуха и шахтных вод.

Износостойкость обычно обеспечивается наплавкой материалами, структура которых гетерогенна. Она состоит из относительно мягкой матрицы (аустенитная, аустенитно-мартенситная, ферритная, мартенситная и т.п.) и значительного (обычно до 50%) количества карбидной составляющей в виде карбидов и карбидной эвтектики высокой твердости.

В табл. 1 представлены структура и свойства некоторых карбидов переходных металлов и фаз матрицы [2, 3].

Таблица 1

Структура и свойства карбидов и фаз матрицы

Карбид или матричная фаза	Кристаллическая решетка	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	Микротвердость, кгс/мм ²
TiC	Кубическая	3067	2900
VC		2648	2900
NbC		3600	2400
Cr ₇ C ₃	Гексагональная	1780	1380
Mo ₂ C		2400	1500
WC		2776	2100
Мартенсит	Объемноцентрированный куб	–	1000
Нелегированный феррит		–	80–100 НВ
Аустенит	Гранецентрированный куб	–	200 НВ

На рис. 1 показана микроструктура наплавленного металла с заэвтектическими карбидами хрома.

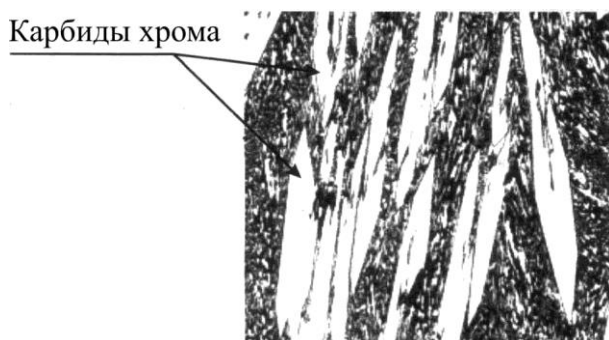


Рис. 1. Микроструктура наплавленного хромистого чугуна

Коррозионная стойкость определяется химическим составом и структурой материала, состоянием поверхности, агрессивностью и условиями воздействия внешней среды, наличием контактов с другими материалами и т.п. Для оценки коррозионной стойкости чаще всего применяют десятибалльную шкалу (табл. 2, [2]).

Таблица 2

Шкала коррозионной стойкости материалов

Материал	Скорость коррозии, мм/год	Балл
Совершенно стойкий	< 0,001	1
Весьма стойкий	0,001–0,005	2
	0,005–0,01	3
Стойкий	0,01–0,05	4
	0,05–0,1	5
Пониженно стойкий	0,1–0,5	6
	0,5–1,0	7
Малостойкий	1,0–5,0	8
	5,0–10,0	9
Нестойкий	> 10,0	10

Учитывая то, что большинство износостойких наплавочных материалов содержат в своем составе хром, одним из главных правил обеспечения повышенной коррозионной стойкости является сохранение его содержания в наплавленном металле на уровне не менее 12% с учетом перемешивания основного и наплавленного металлов, особенно в первом слое. Следует отметить, что доля основного металла в наплавленном металле при дуговой наплавке электродами в виде проволок может составлять до 50%, а в виде лент – до 10%. При этом сплав является коррозионностойким для нейтральных, кислых и окислительных сред вследствие пассивации при образовании пленки окислов хрома.

Легирование сплава дополнительными карбидообразующими элементами, помимо хрома, с целью повышения его износостойкости должно быть оптимальным и не допускать снижения концентрации хрома в твердом растворе. Последнее приводит к снижению стойкости сплава в коррозионных средах.

Тем не менее принятое за нижний предел содержание Cr, равное 12%, не является однозначным решением проблемы в связи с разной агрессивностью внешней среды. Это подтверждается следующими данными. Наплавка хромоникелевой нержавеющей стали изделий солевых шахт (Республика Беларусь) позволила получить износостойкий рабочий слой с коррозионной стойкостью 4–5 баллов. Этот же материал для аналогичных изделий на шахтах ОАО «Краснодонуголь» (кислотность рН > 8, щелочность > 15 мг. экв/л) показал лишь 8–9 баллов коррозионной стойкости [4].

Еще более опасными с точки зрения коррозионного воздействия являются воды с низким рН (кислотные). А многие шахты Донбасса имеют именно такую кислотность – рН 0,8–3,0 [5]. При этом шахтная вода вследствие значительной концентрации легко диссоциируемых солей обладает высокой электропроводностью, поэтому коррозионные процессы в металле протекают достаточно активно и носят ярко выраженный электрохимический характер.

Следует отметить, что в конечном итоге при выборе наплавочных материалов необходимый компромисс должен достигаться в зависимости от соотношения абразивного и коррозионного факторов.

Эксперимент по установке биметаллических листов SWIP компании «Стил Ворк» в качестве футеровки в скипах на ряде шахт Кривбасса, таких как ш. им.Орджоникидзе ПАО «ЦГОК», ш. №1 им. Артема ПАО «Арселор-Миттал Кривой Рог», ш. им. Фрунзе ПАО «ЕВРАЗ Суха Балка», показал более высокую стойкость к истиранию по отношению к футеровке из стали 110Г13Л при намного меньшей толщине.

Биметаллические листы SWIP также эксплуатируются на таких угольных шахтах, как ПАО «Донецксталь «ШУ Покровское» и ПАО «Павлоградуголь», и показали положительные результаты использования данных футеровок.

Выше были изложены принципы выбора наплавочных материалов для условий гидроабразивного изнашивания. Но следует отметить, что угольные шахты являются очень специфическими объектами. На них сложно обеспечить выполнение сварочно-наплавочных работ из-за повышенной взрывоопасности воздушной среды, а в ряде случаев проведение таких работ вообще запрещено. Помимо организационных, могут возникать и технологические трудности. Особенно часто это имеет место при необходимости выполнения наплавки на площадях большого размера и с очень высоким износом. При выполнении такого рода наплавки сложно исключить возникновение деформаций в наплавляемых изделиях, а соответственно качественно их установку и обеспечить нормальную работу технологического оборудования.

Технология наплавки и ремонта, предлагаемая ООО «Стил Ворк», позволяет решать эти проблемы. Она включает в себя получение методом электродуговой наплавки биметаллических листов SWIP (Steel Work Innovation Plate) – двухслойных металлических материалов (Сталь Ст3 – основа + наплавленный слой износо- и коррозионностойкого легированного сплава), прочно соединенных между собой в единое целое. При необходимости из биметаллических листов SWIP могут изготавливаться заготовки и детали методом плазменной резки с последующей вальцовкой, гибкой и сваркой для изготовления деталей и узлов необходимых размеров и форм. Сборка, соединение и крепление биметаллических деталей на защищаемых поверхностях производится либо при помощи сварки (если это позволяют условия эксплуатации шахты), либо методами механического крепления с помощью болтовых соединений и шпилек.

Толщина биметаллических листов может изменяться от 8 мм (5 мм – основа, 3 мм – наплавленный слой) до 31 мм (соответственно – 16 и 15 мм). Стандартные размеры биметаллических листов 1500 × 3000 мм. Изменением химического состава наплавленного металла можно достичь максимальной твердости 58–62 HRC и коррозионной стойкости не выше 4–5 баллов (в нейтральных, кислых и щелочных средах). Объектами наплавки и ремонта могут быть шахтные скипы, загрузочные механизмы, футеровки бункеров и желобов, пульпопроводы и т.п.

Наплавка выполняется на специализированном оборудовании порошковыми лентами и порошковыми проволоками. С целью увеличения ширины наплавляемых валиков предусмотрена возможность поперечного колебания электрода.

В наплавочном комплексе предусмотрено охлаждение наплавляемого листа, что позволяет получать благоприятную для повышения износостойкости наплавленного металла анизотропию его свойств (расположение литых карбидов перпендикулярно поверхности основного металла).

Применение при наплавке порошковых лент позволяет уменьшить перемешивание основного и наплавленного металлов (что особенно важно при однослойной наплавке) и повысить производительность процесса по сравнению с другими известными способами дуговой наплавки (рис. 2).

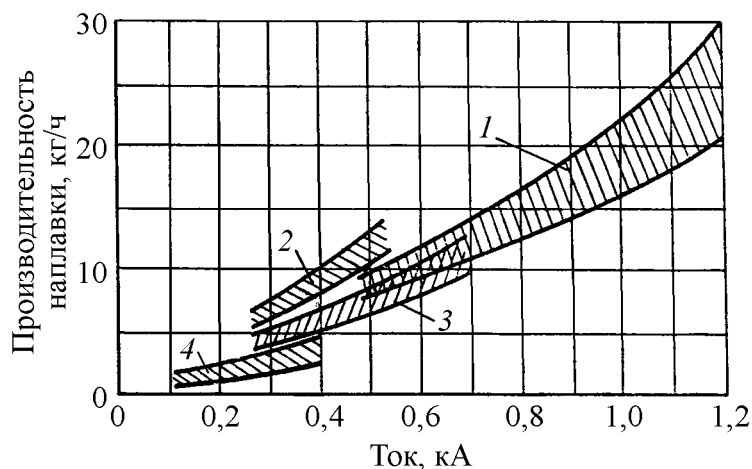


Рис. 2. Производительность различных способов дуговой наплавки: 1 – наплавка самозащитной порошковой лентой, 2 – наплавка самозащитной порошковой проволокой, 3 – наплавка под флюсом проволокой сплошного сечения, 4 – наплавка штучными электродами

Что касается экономической эффективности выполненных опытных работ и эффективности ремонта в целом при использовании различных технологических приемов, можно сказать следующее.

При установке экспериментальных футеровочных плит на шахтах, добывающих железорудные породы, удалось решить такие сложные задачи, как увеличение стойкости футеровочных плит скипов подъемной машины в 3 раза, уменьшение веса футеровки на 30–50%.

Следует также отметить, что время замены изношенного элемента футеровки с использованием механических креплений не превышает обычных затрат времени на ремонт.

Полученные высокие технико-экономические показатели новой технологии ремонта на шахтах горного производства позволяют рекомендовать эту технологию как перспективную при ремонте различных объектов угольной отрасли.

Выводы

1. Сложившаяся в угольной отрасли ситуация с повышенным выходом из строя основных фондов и отсутствие достаточного финансирования закупки нового оборудования требует поиска путей решения задачи бесперебойной работы технологического оборудования.

2. Предлагаемая ООО «Стил Ворк» технология получения методом дуговой наплавки биметаллических износо- и коррозионностойких листов позволяет эффективно повысить стойкость быстроизнашивающихся узлов и деталей, снижая время простоя на ремонтах, металлоемкость изделия и повышая безопасность ведения ремонтных работ.

3. Возможность применения при наплавке серии наплавочных материалов и оптимальной техники раскроя наплавленных листов позволяет предложить заказчикам оптимальные варианты ремонта изношенного оборудования с учетом конкретных условий эксплуатации.

4. Многолетний положительный опыт производства и эксплуатации листов SWIP в различных областях промышленности, а также опыт эффективного сотрудничества ООО «Стил Ворк» с ИЭС им. Е.О. Патона в области разработки и применения различных наплавочных материалов позволяет рекомендовать этот вид наплавочной продукции как перспективный для использования в ремонтных работах на шахтах угольной отрасли.

1. Мазур В.Л. Анализ тенденций развития горно-металлургического комплекса Украины [Текст] / В.Л. Мазур, А.К. Голубченко // Сталь. – 2007. – №4. – С. 83–93.
2. Энциклопедия неорганических материалов [Текст] / Под ред. И.М. Федорченко и др. – т. 1. – Киев, 1977. – 840 с.
3. Ксьондзик Г.В. Застосування стійких проти спрацювання чавунів для наплавлювання сталевих деталей [Текст] / Г.В. Ксьондзик. – Київ: Техніка, 1968. – 80 с.
4. Кусков Ю.М. Восстановление дуговой наплавкой под флюсом штоков и плунжеров шахтных гидрокрепежей [Текст] / Ю.М. Кусков, И.А. Рябцев, Ю.В. Демченко, А.М. Денисенко // Сварщик. – 2008. – №2. – С. 13–15.
5. Бабаков А.А. Коррозия сталей в шахтных водах [Текст] / А.А. Бабаков, Д.Г. Туфанов // Специальные стали и сплавы. – Сб. трудов. – Вып. №17. – М: Металлургиздат, 1960. – С. 311–321.

О.І. Панфілов, О.В. Копшко, Ю.М. Кусков

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІМЕТАЛІЧНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ЛИСТІВ SWIP У ВУГІЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Показано перспективи використання біметалічних листів SWIP у вугільній промисловості. Запропонована технологія одержання листів методом дугового наплавлення й ефективна техніка розкрою біметалу з метою виготовлення заготовель, за формою й розмірами відповідних зношеним деталям, дозволяє значно прискорити ремонтні роботи й підвищити їхню якість. При цьому вибір наплавочних матеріалів може здійснюватися з урахуванням конкретних умов експлуатації деталей, що зношуються.

A.I. Panfilov, A.V. Koposhko, Yu.M. Kuskov

PROSPECTS OF IMPLEMENTATION OF WEAR RESISTANT BIMETALLIC PLATES SWIP IN THE COAL INDUSTRY

Prospects of implementation of wear resistant bimetallic plates SWIP in the coal industry are demonstrated. Manufacturing technique for producing bimetallic plates using arc deposition and effective technique for cutting the bimetal plates into pieces according in shape and size to the worn-out parts are proposed, which can significantly accelerate maintenance and improve their quality of repair. Coating materials can be chosen in accordance with specific conditions of exploitation.