

МАТЕРИАЛЫ И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАПЛАВКИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

И. А. РЯБЦЕВ, канд. техн. наук, **Ю. М. КУСКОВ**, д-р техн. наук, **И. А. КОНДРАТЬЕВ**, **Я. П. ЧЕРНЯК**,
И. И. РЯБЦЕВ, кандидаты техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Изложен накопленный в ИЭС им. Е. О. Патона опыт по разработке материалов, технологий и техники восстановительной и изготовительной дуговой наплавки деталей различных машин и механизмов. Основное внимание уделено энергосберегающим материалам и технологиям, позволяющим выполнять наплавку деталей из углеродистых сталей без или с минимальным подогревом.

Ключевые слова: дуговая наплавка, энергосберегающие технологии, наплавочные материалы, порошковые проволоки

Наплавка является одним из наиболее эффективных и экономически выгодных способов восстановления изношенных деталей или придания особых свойств новым деталям. Нанесение на их повреждаемые поверхности слоев металла специального легирования обеспечивает высокую стойкость к различным видам изнашивания. При наплавке нередко соединяют разнородные материалы, один из которых, как правило, удовлетворительно или плохо сваривается и имеет пониженную трещиностойкость. Для борьбы с трещинами применяют наплавку подслоя из пластичных сталей, а также предварительный и сопутствующий подогрев, при этом после наплавки необходимо обеспечить замедленное охлаждение детали. Указанные меры требуют дополнительных материальных и энергетических затрат, кроме того, рост цен на энергоносители снижает эффективность применения наплавки.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработаны наплавочные материалы с хорошими сварочно-технологическими свойствами, в частности, не требующие предварительного подогрева при наплавке деталей из углеродистых сталей. Металл, наплавленный этими материалами, отличается высокими эксплуатационными свойствами в части абразивной, термической, коррозионной стойкости и др. В числе новых наплавочных материалов широко применяют порошковую проволоку ПП-АН202 для наплавки деталей из средне- и высокоуглеродистых сталей без подогрева. Наплавленный металл, полученный с применением этой проволоки, соответствует низкоуглеродистой высоколегированной хромомарганцевой стали, для которой характерна высокая износостойкость в условиях трения металла по металлу с прослойкой абразива.

Наплавленный металл упрочняется в результате воздействия высоких контактных нагрузок, что еще больше увеличивает его износостойкость.

Новые порошковые проволоки ПП-АН193 и ПП-АН204 обеспечивают получение наплавленного металла типа мартенситностареющих сталей, отличающихся высокой твердостью, термической стойкостью и износостойкостью при трении металла по металлу при повышенных температурах. Этими проволоками можно наплавлять без подогрева штампы и штамповую оснастку из инструментальных сталей типа 50ХНМ, 25Х5ФМС для горячего и холодного деформирования металлов.

Для наплавки крупногабаритных корпусных деталей из среднеуглеродистых сталей без подогрева разработана порошковая проволока ПП-АН198. Полученный при ее использовании наплавленный металл отличается удовлетворительной трещиностойкостью и имеет показатели прочности на уровне конструкционных сталей типа стали 35 и др.

Разрабатываются экономнолегированные наплавочные материалы (суммарное содержание легирующих элементов составляет не более 5 мас. %) с триботехническими характеристиками на уровне высоколегированных наплавочных материалов. Так, металл, наплавленный экономнолегированной порошковой проволокой ПП-АН194, имеет износостойкость в 2...3 раза выше, чем у ранее разработанных наплавочных материалов с аналогичным уровнем легирования. Такие показатели износостойкости достигаются за счет формирования в наплавленном металле микроструктур, отвечающих принципу Шарпи: отдельные твердые включения с низким коэффициентом трения и малой склонностью к задирам располагаются в пластичной матрице.

С применением упомянутых материалов разработаны технологии наплавки ответственных де-

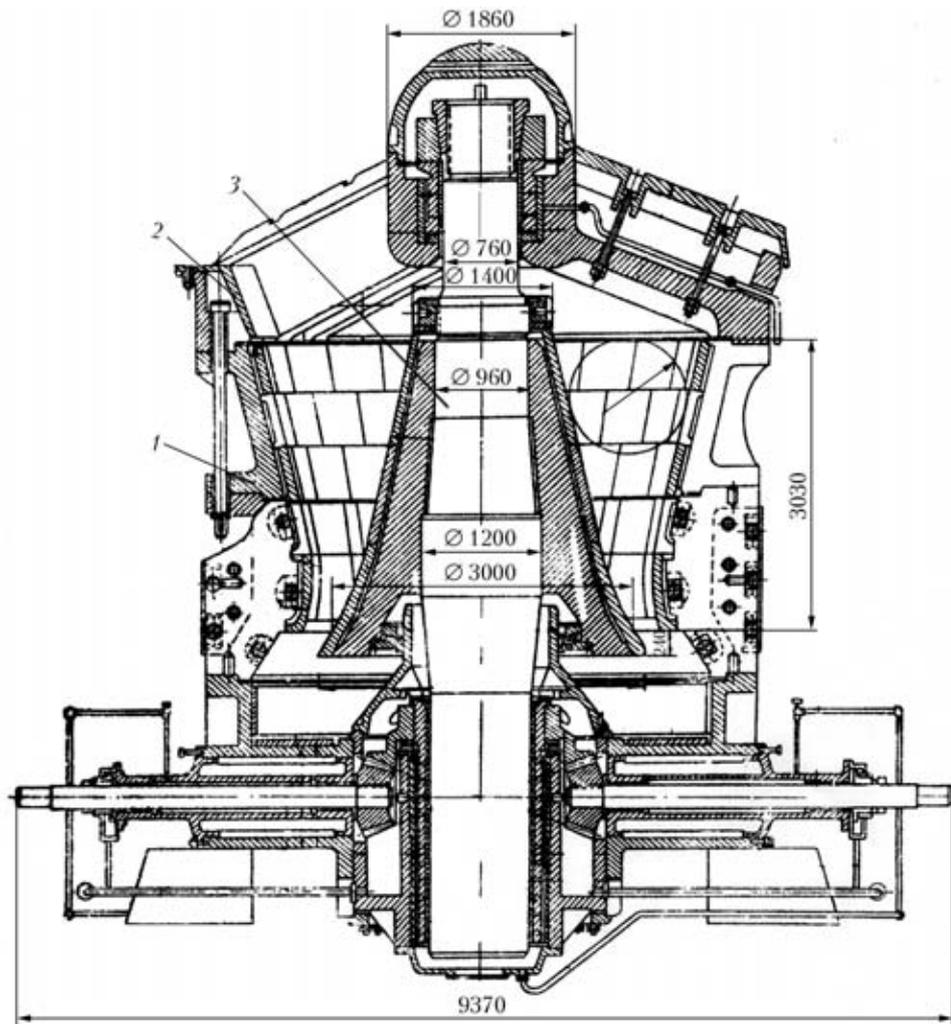


Рис. 1. Схема конусной дробилки: 1 — станина; 2 — корпус кольца; 3 — вал

талей оборудования горно-обогатительных комбинатов Украины. Работы проводили совместно с ПКФ «Укркомплект», ООО «Альянс ГРУП», ДП «Кривбасстехмаш» и другими предприятиями, на которых восстанавливали корпусные детали (станина и корпус кольца) конусных дробилок (рис. 1, 2), валы дробящих конусов конусных дробилок (рис. 3), зубчатые венцы шаровых мельниц размола руды (рис. 4), корпуса тележек обжиговых машин для производства окатышей и пр. [1, 2].

Для восстановления станины и корпуса кольца из стали 35 использовали полуавтоматическую наплавку порошковой проволокой ПП-АН198. Наплавку изношенных поверхностей станины выполняли по отдельным секторам в несколько слоев. При необходимости для установки наплавляемой поверхности в удобное для наплавки положение осуществляли кантовку станины. Общее время наплавки одной станины составляло 17 сут, при этом израсходовали более 600 кг порошковой проволоки. Механическая обработка наплавленных поверхностей станины трудностей не вызвала, что особенно важно при обработке деталей больших размеров. После механической обработ-

ки на наплавленных поверхностях дефектов обнаружено не было.

Аналогично выполняли наплавку корпуса кольца: сначала его торцевой поверхности по секторам в два слоя, а затем — конических и вертикальных поверхностей кольца, контактирующих с соответствующими поверхностями станины. Наплавку изношенных или разрушенных витков упорной резьбы начинали выполнять с горизонтального участка витка по секторам. При необходимости на некоторых участках резьбы с помощью медных пластин выполняли подформовку наплавленного металла. Общая масса порошковой проволоки, израсходованной при наплавке корпуса кольца, превысила 500 кг. Качество и обработка наплавленного металла были аналогичны полученным при наплавке станины.

Большие сложности возникли при разработке технологии наплавки вала дробящего конуса, изготовленного из стали 40 либо низколегированной стали типа 34ХНМ (рис. 3). Износ (до 10...12 мм на сторону) происходил в зоне контакта верхней цилиндрической части вала с бронзовой втулкой в результате попадания в зазор между ними пыли

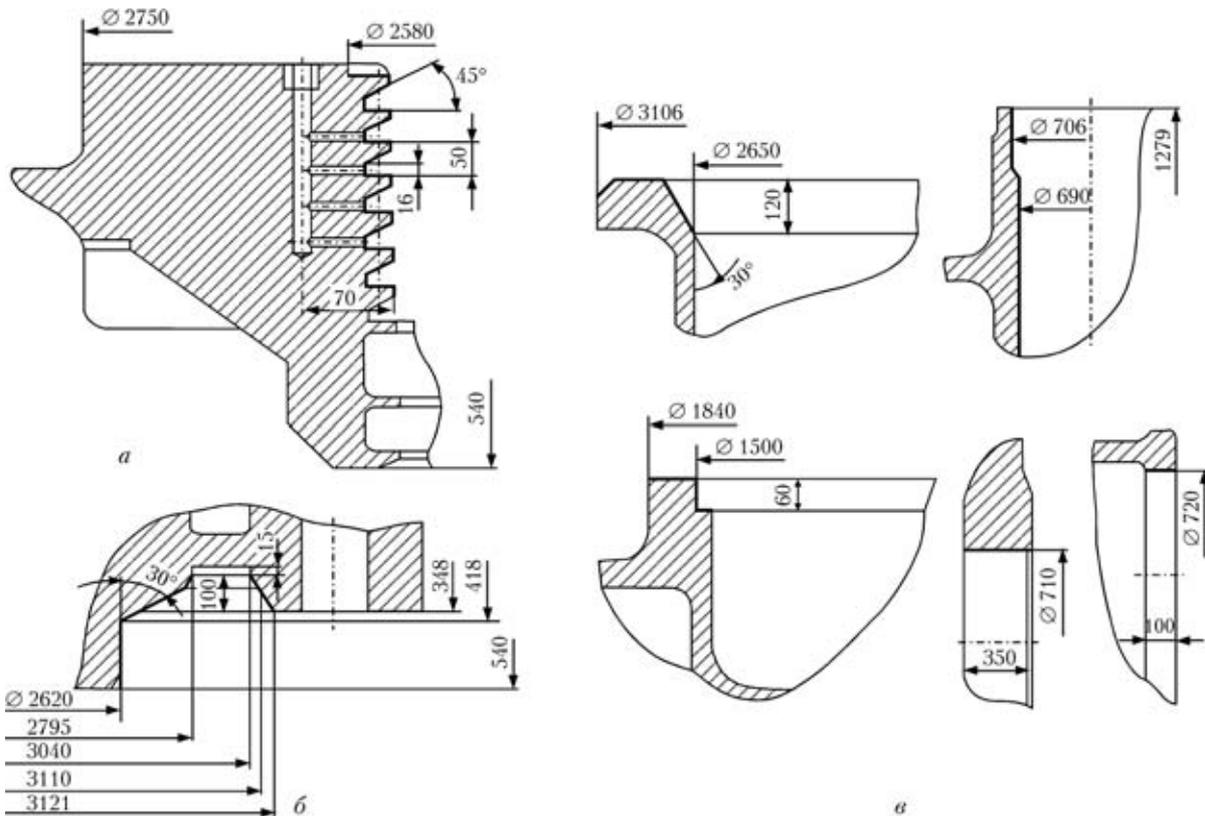


Рис. 2. Наплавляемые поверхности (жирные линии) корпуса кольца (а, б) и станины конусной дробилки (в)

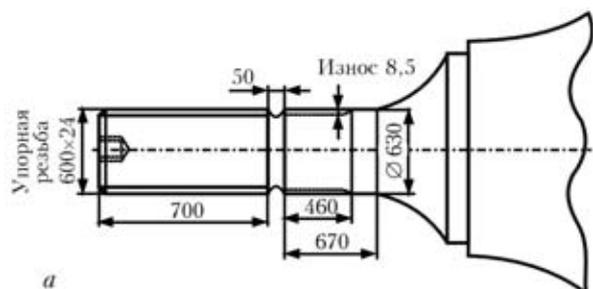


Рис. 3. Восстановление вала конусной дробилки дуговой наплавкой: а — схема восстанавливаемых поверхностей конуса; б — полуавтоматическая наплавка изношенной поверхности конуса

с повышенными абразивными свойствами. При эксплуатации выходила из строя и часть вала с упорной резьбой, на которой подвешен конус. При этом в результате усталостных процессов проис-

ходили сколы отдельных витков резьбы (модули резьбы в диапазоне 40...50) или локальное разрушение нескольких ее витков.

Перед наплавкой восстанавливаемые участки подвергали ультразвуковому контролю. При наличии трещин усталостного происхождения их обязательно удаляли путем механической обработки абразивными кругами. Для наплавки использовали самозащитные порошковые проволоки марок ПП-АН198 и ПП-АН202. Изношенную цилиндрическую часть конуса наплавляли порошковой проволокой ПП-АН198, а более нагруженную резьбовую — высоколегированной проволокой ПП-АН202. Твердость наплавленного металла составляла не более *HRC* 30, что не вызывает затруднений при механической обработке с помощью специального оборудования. Качество обработанной поверхности наплавленного металла оценивали с помощью ультразвукового контроля. Затраты на восстановление валов конусов не превышали 30 % стоимости новых изделий при одинаковом сроке эксплуатации.

Совместно с ПКФ «Укркомплент» разработана технология наплавки изношенных зубьев венца привода вращения шаровой мельницы: модуль зубьев — 20; число зубьев — 268; длина зубьев — 800 мм; угол наклона зуба — 5°15'; наружный диаметр венца — 5410 мм; количество секторов — 2; общая масса двух секторов венца 16,5 т (рис. 4). Полуавтоматическую наплавку зубьев выполняли порошковой проволокой ПП-АН198 в

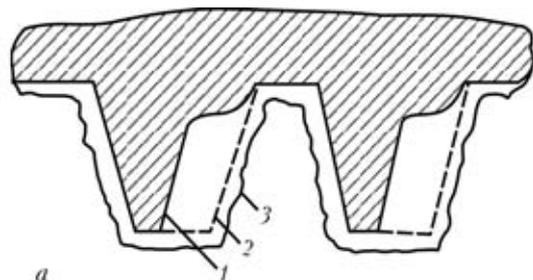


Рис. 4. Схема восстановления двух секторов зубчатого венца шаровой мельницы (а) и внешний вид восстановленных секторов (б): 1 — профиль изношенного зуба; 2, 3 — профиль наплавленного зуба соответственно после механической обработки и наплавки

непрерывном режиме. С учетом условий работы зубьев венца наплавку осуществляли с предварительным местным подогревом до 150...200 °С. Сначала наплавляли торцы зубьев, а последующую наплавку осуществляли вдоль образующей зуба обратноступенчатым способом. Общее время наплавки двух секторов зубчатого венца составило 27 сут, расход порошковой проволоки — 2350 кг. Всего было наплавлено и обработано три зубчатых венца.

Масса корпуса тележек обжиговых машин из стали 14ХМТЛ приблизительно равна 5 т, длина — около 4 м. Тележки собирают в замкнутую агломерационную ленту, на которой находятся обжигаемые доменные окатыши. Основной причиной выхода тележек из строя является деформация их боковых балок вследствие неравномерного нагрева. Внешний осмотр вышедших из строя корпусов 70 тележек показал, что окалина на них практически отсутствует, не обнаружены также усталостные трещины.

С учетом причин выхода тележек из строя для их наплавки использовали самозащитную порош-



Рис. 5. Полуавтоматическая наплавка зубчатого кольца опорно-поворотного устройства крана МКТ-250

ковую проволоку ПП-АН198. В зависимости от прогиба выбирали количество наплавляемых слоев. После наплавки каждого слоя выполняли механическую зачистку наплавленной поверхности абразивными кругами. После завершения наплавки механическим способом зачищали наплавленную поверхность по всей длине балки, обеспечивая при этом зазор между наплавленной поверхностью и специальным шаблоном не более 1...2 мм. Общее количество металла, наплавленного на один корпус тележки, составляло 110...120 кг. По предложенной технологии было наплавлено более 70 шт. тележек.

Совместно с ООО «Центрстальконструкция» и ГП СУ-39 выполнена наплавка опорно-поворотного устройства (ОПУ) уникального крана МКТ-250 (рис. 5), который позволяет производить монтаж конструкций массой до 250 т на высоте 57 м [3]. По своей конструкции ОПУ представляет собой крупногабаритный радиально-упорный роликовый подшипник большой массы (масса зубчатого кольца ОПУ достигает 1,5 т, средний диаметр — 3 м). Детали ОПУ изготовлены из высокоуглеродистых низколегированных сталей марок 50Х и 50ХГМ.

С помощью внешнего осмотра и метода цветной и ультразвуковой дефектоскопии установлено, что поверхности катания зубчатого и соединительного колец ОПУ подвержены механическому и усталостному износу беговых дорожек вследствие многократного передеформирования одних и тех же объемов металла. Для наплавки обоих колец использовали самозащитную порошковую проволоку ПП-АН202 диаметром 2 мм.

Все поверхности катания, подлежащие наплавке, оценивали с помощью ультразвуковой и цветной дефектоскопии; обнаруженные дефекты удаляли путем механической обработки. В связи с высоким содержанием углерода в основном металле перед наплавкой наплавляемые участки ко-



Рис. 6. Наплавленный вал привода эскалатора метрополитена

лец подогревали газовыми горелками до температуры 120...150 °С. Восстанавливаемые поверхности наплавляли по секторам, длина дуги при этом (по наружному диаметру) составляла примерно 200...250 мм. Наплавку колец выполняли одновременно два сварщика (наплавщика) на диаметрально противоположных участках при горизонтальном (или близком к нему) расположении наплавляемых поверхностей в удобном для наплавки положении. Наплавку осуществляли в две смены на протяжении семи дней, после чего наплавленные кольца подвергали замедленному охлаждению. Затем выполняли механическую обработку наплавленных колец ОПУ. При ультразвуковом и капиллярном контроле дефектов в наплавленном слое обнаружено не было. Наплавленные детали ОПУ установлены на кране МКТ-250, который в настоящее время успешно эксплуатируется.

Для наплавки изношенных валов приводов эскалаторов Киевского метрополитена без подъема их на поверхность разработана установка, позволяющая выполнять автоматическую наплавку и механическую обработку валов до и после наплавки (рис. 6). Валы изготовлены из углеродистых конструкционных сталей. Для их наплавки без подогрева используют порошковую проволоку ПП-АН202 диаметром 2 мм. Износ вала, как правило, невелик, поэтому наплавку осуществляют в один слой.

С использованием новой экономнолегированной порошковой проволоки ПП-АН194, обеспечивающей получение наплавленного металла с повышенными триботехническими характеристиками [4], разработаны технологии автоматической наплавки деталей, работающих в условиях сухого трения металла по металлу — крановых колес (рис. 7), катушек шнеков диффузионных аппаратов сахарных заводов и др.

Для изготовительной и восстановительной наплавки штоков шахтных гидрокрепей проходческих комбайнов, плунжеров гидропрессов и других деталей разработана порошковая проволока ПП-Нп-30Х20МН. Металл, полученный при наплавке этой проволокой, имеет мартенситно-ферритную структуру и твердость *HRC* 42...45. Он характеризуется достаточно высокой коррозионной стойкостью в водно-солевой среде, а также стойкостью против изнашивания при трении металла по металлу. Износ штоков гидрокрепей не превышает десятых долей миллиметра. Для их восстановления разработана технология автоматической однослойной дуговой наплавки, толщина наплавленного слоя составляет 0,5...1,0 мм. Применение наплавки позволило исключить такую операцию, как хромирование штоков.

С использованием ранее созданных порошковых проволок разработаны технологии наплавки деталей, эксплуатирующихся в условиях ударно-

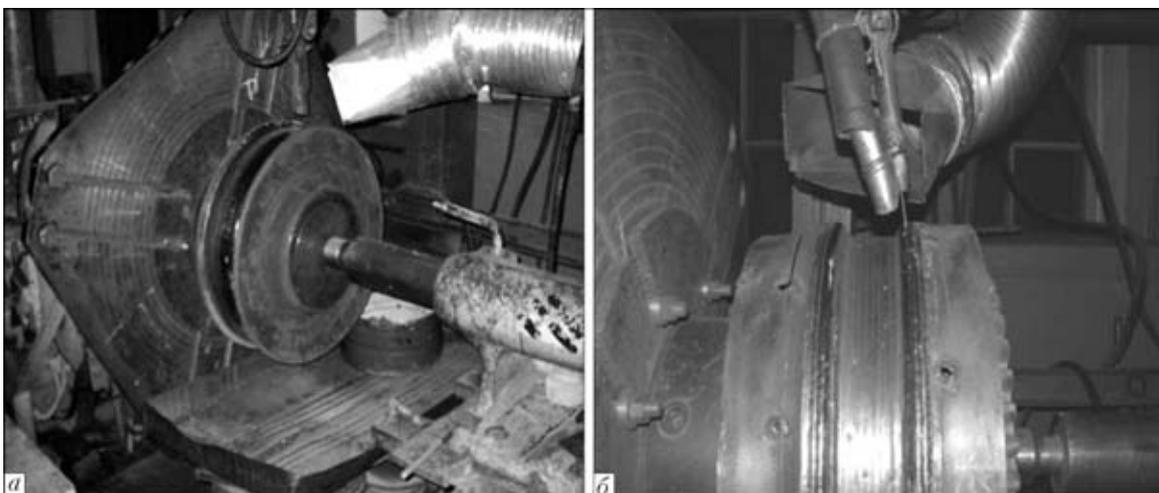


Рис. 7. Автоматическая наплавка порошковой проволокой ПП-АН194 поверхности катания (а) и реборды (б) кранового колеса

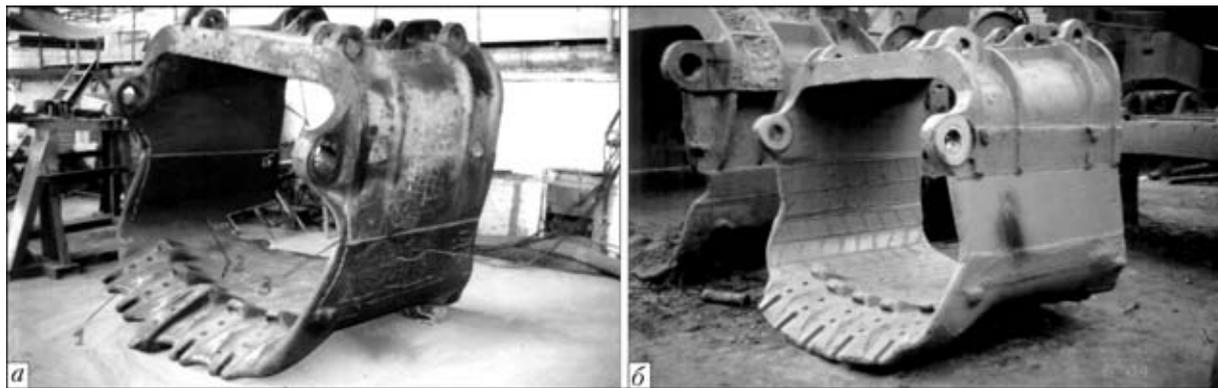


Рис. 8. Вид изношенного ковша экскаватора вместимостью 5 м^3 до (а) и после наплавки (б)

абразивного изнашивания. В частности, с использованием самозащитной проволоки ПП-АН105 наплавлены лифтеры и детали футеровок из стали Г13Л мельницы самоизмельчения. Разработана технология автоматической наплавки проволокой ПП-АН105 под флюсом АН-26 цилиндрических валков дробилок. Порошковая проволока ПП-АН105 хорошо зарекомендовала себя также при восстановлении ковшей карьерных экскаваторов вместимостью 5, 8 и 10 м^3 (рис. 8) [5].

Для автоматической наплавки открытой дугой деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания и умеренных ударов, например, лемехов плугов и культиваторов, ножей грейдеров и бульдозеров, а также других изделий, использовали самозащитную порошковую проволоку ПП-АН192. Одновременную наплавку двух кромок ножей грейдеров выполняют при их изготовлении. При этом наплавку осуществляют с колебаниями, что позволяет получить на двух кромках ножа износостойкие слои толщиной $2,0 \dots 2,5 \text{ мм}$ и шириной до 30 мм .

Для наплавки новых дисковых ножей культиваторов изготовлена автоматическая установка, на которой с использованием порошковой проволоки ПП-АН192 наплавляются ножи разного диаметра. Наплавку выполняют с колебаниями, что обес-

печивает необходимые в плане самозатачивания геометрические характеристики наплавленного слоя — толщину $2,0 \dots 2,5 \text{ мм}$, ширину — до 20 мм .

Представленный в данной статье перечень (хотя и далеко неполный) восстановленных и упрочненных с помощью наплавки деталей (в основном крупногабаритных) убедительно демонстрирует большие возможности применения новых наплавочных материалов, а также разрабатываемых для них технологий наплавки.

1. Восстановление крупногабаритных деталей оборудования горно-обогатительных комбинатов методами дуговой наплавки / И. А. Рябцев, Ю. М. Кусков, Ю. А. Маховский и др. // Сварщик. — 2002. — № 1. — С. 6–8.
2. Рябцев И. А., Кусков Ю. М., Поддубский А. И. Восстановление деталей конусной дробилки дуговой наплавкой // Там же. — 2004. — № 1. — С. 16–17, 19.
3. Восстановление колец опорно-поворотного устройства крана МКТ-250 / И. А. Рябцев, Ю. М. Кусков, Я. П. Черняк и др. // Там же. — 2004. — № 4. — С. 35–37.
4. Триботехнические характеристики наплавленного металла системы Fe–Cr–Si–Mn–P / И. И. Рябцев, Ю. М. Кусков, В. Ф. Грабин и др. // Автомат. сварка. — 2003. — № 6. — С. 20–24.
5. Восстановление ковшей карьерных экскаваторов наплавкой самозащитными проволоками / Ю. М. Кусков, И. А. Кондратьев, А. Г. Богаченко и др. // Сварщик. — 2004. — № 6. — С. 16–17.

The experience gained by the E. O. Paton Electric Welding Institute in the development of consumables, technologies and equipment for rejuvenation and manufacturing arc cladding of parts of different machines and mechanisms is described. The focus is on power-saving consumables and technologies, allowing cladding of carbon steel parts to be performed without or with minimal preheating.

Поступила в редакцию 27.04.2006