

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ШТОКОВ ГИДРОПРЕССОВ С ПОМОЩЬЮ ПЛАЗМА-MIG* НАПЛАВКИ

Н. А. Макаренко, В. Н. Ластовиря, А. А. Богуцкий, Н. А. Грановский

Статья посвящена технологии восстановления штоков гидропрессов плазма-MIG наплавкой, применяющейся также для решения других производственных задач, например, наплавки бронзы на сталь. Этот процесс позволяет экономить бронзовую наплавочную ленту, сокращать время наплавки, снизить энергозатраты. Для уменьшения количества дефектов в наплавленном металле применяется порошковая лента, выделяющая при наплавке трифторид бора, что обеспечивает связывание водорода и хорошее смачивание жидким металлом основного металла. Разработано специализированное оборудование для промышленного использования данного способа наплавки.

Ключевые слова: шток гидропресса, наплавка бронзы на сталь, плазма-MIG наплавка, трифторид бора, источники питания плазменной дуги, порошковая лента.

Введение

Значительное количество штоков гидропрессов, а также других деталей гидравлики имеет уплотняющие поверхности, выполненные из различных бронз. Такое конструктивное решение позволяет существенно увеличить срок службы гидроцилиндров прессов и межремонтный пробег оборудования. В большинстве случаев крепление бронзовых частей к штоку осуществляется механическим путем или способами получения неразъемных соединений, например завальцовкой, обжатием или заливкой жидкой бронзы. Данные способы достаточно трудоемки и требуют больших расходов бронзы [1].

Известно [2], что при наплавке бронзы на сталь широко применяется автоматическая наплавка под слоем флюса. Основным недостатком данного способа является большая глубина проплавления и, соответственно, перегрев основного металла, что приводит к значительным деформациям наплавленного изделия

и высоким остаточным напряжениям в наплавленном металле, которые снижают работоспособность штока.

Кроме того, растворимость железа в меди относительно невелика [3], вследствие чего при большой глубине проплавления основного металла в составе наплавленного металла будет содержаться до 30% железа. Это, в свою очередь, приведет к образованию в наплавленном слое включений структурно-свободного железа (так называемых корольков), которые достигают значительных размеров (до нескольких миллиметров) и, имея большую, чем у бронзы твердость, оставляют задиры на поверхности гидроцилиндра.

В связи с этим применение процесса наплавки под слоем флюса бронзы на сталь возможно только в варианте многослойной наплавки, но это экономически нецелесообразно.

Несколько меньше распространен способ наплавки бронзы на сталь в среде защитных газов [4]. При наплавке в среде защитного газа аргона

* MIG процесс – дуговая сварка с плавящимся металлическим электродом в среде инертного газа.

глубина проплавления основного металла значительно меньше, чем при наплавке под слоем флюса. Однако, учитывая, что растворимость железа в меди не превышает 10% [3], не удастся избежать включений структурно-свободного железа в наплавленном металле, в связи с чем приходится выполнять двухслойную наплавку.

Для решения поставленной задачи наиболее перспективным является процесс плазменной наплавки [3, 5]. В настоящее время разработан целый ряд способов плазменной наплавки, позволяющих резко уменьшить долю основного металла в наплавленном слое. Однако малейшее отклонение в параметрах технологического процесса вызывает появление дефектов в наплавленном слое, таких как наплывы, несплавления и поры в наплавленном металле.

В связи с этим актуальной является задача разработки способа плазменной наплавки, обеспечивающего высокое качество наплавленного металла при наплавке штоков гидропрессов бронзой.

Постановка задачи

Для достижения высокопроизводительной плазменной наплавки бронзы на стальной шток гидропресса, при условии обеспечения высокого качества наплавленного металла, должны быть удовлетворены следующие требования:

- незначительная глубина проплавления основного металла (стали) для снижения как перегрева детали, так и количества железа в наплавленном слое;
- высокая производительность — наплавка должна проводиться за один проход;
- отсутствие дефектов типа наплывов, несплавлений и пор в наплавленном слое.

Известные способы плазменной наплавки не удовлетворяют в полной мере данным противоречивым требованиям. Например, повышение производительности наплавки неизбежно ведет к повышению тока плазменной дуги и, соответственно, к увеличению глубины проплавления основного металла. Снижение же погонной энергии наплавки ухудшает формирование краев наплавленного валика, в связи с чем повышать скорость наплавки нежелательно.

Синтез способа наплавки высокой производительности

Для сварки и наплавки меди и ее сплавов применяется комбинированный плазма-MIG процесс, сочетающий в себе достоинства плаз-

менной (сжатой) дуги с неплавящимся электродом и MIG [6, 7]. Высокие технологические возможности данного процесса позволяют решить ряд задач, связанных с наплавкой бронзы на сталь при ремонте и изготовлении, в частности штоков гидропрессов.

Ранее проведенные работы [8] показали перспективность комбинированного процесса плазма-MIG наплавки при восстановлении деталей из алюминиевого сплава. Необходимо отметить основные особенности известного способа [8] плазменной наплавки, а именно: увеличение нагрева подаваемого плавящегося электрода в виде порошковой ленты в 2–5 раз, в зависимости от режима наплавки, и, как следствие, повышение производительности наплавки без увеличения глубины проплавления основного металла.

При плазма-MIG наплавке с аксиальной подачей плавящегося электрода имеет место его нагрев внутри плазматрона за счет тепла плазменной дуги. Кроме того, при использовании в качестве плавящегося электрода порошковых лент со стальной оболочкой происходит дополнительный значительный нагрев джоулевым теплом на большом вылете электрода, что характерно для плазма-MIG процесса [9]. Однако при применении порошковых лент с медной оболочкой в силу высокой проводимости меди выделение джоулева тепла на его вылете незначительно.

За основу разработки была принята ранее предложенная схема установки [9, 10], включающая в себя плазмотрон, имеющий два неплавящихся электрода, и схему возбуждения дуги на основе мощного импульсного возбудителя [11].

В отличие от ранее применявшейся, вновь разработанная схема предусматривает применение косвенной плазменной дуги, горящей между неплавящимися электродами плазматрона, являющихся катодами, и порошковой лентой (плавящийся электрод) и соплом, являющихся анодами. При этом дуга MIG процесса горит между оплачиваемым торцом плавящегося электрода и изделием (рис. 1). Теплота, выделяющаяся в неплавящихся электродах плазматрона, существенно уменьшается, а основная тепловая энергия выделяется на поверхности порошковой ленты для плазменных дуг [12].

Интенсивный нагрев порошковой ленты внутри плазматрона теплом плазменных дуг, горящих с неплавящихся электродов, позволяет повысить производительность наплавки без

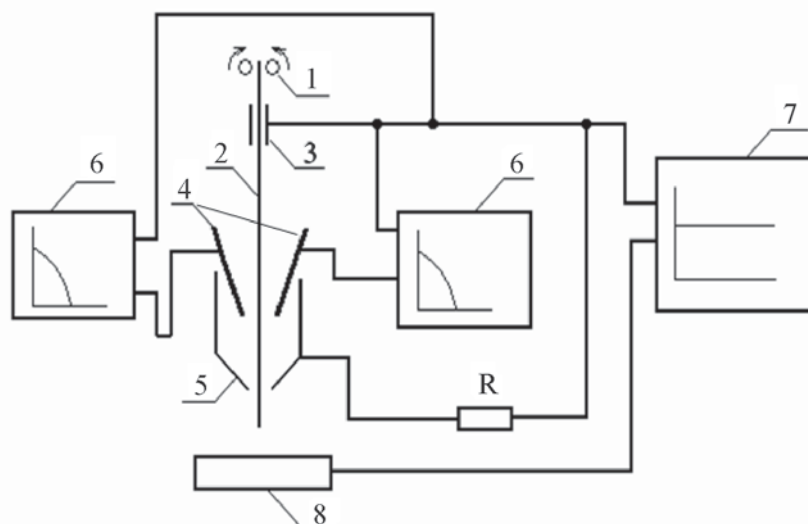


Рис. 1. Схема установки для плазма-MIG наплавки порошковой лентой:

1 – подающий механизм; 2 – плавящийся электрод (порошковая лента); 3 – скользящий токоподвод; 4 – неплавящийся электрод; 5 – плазмобразующее сопло; 6 – источники питания плазменных дуг; 7 – источник питания дуги плавящегося электрода; 8 – изделие

увеличения тока дуги MIG процесса, горячей между плавящимся электродом (порошковой лентой) и изделием. Это обеспечивает уменьшение глубины проплавления, нагрева изделия и, соответственно, снижение доли основного металла в наплавленном слое.

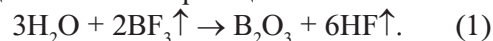
Следует отметить, что эффективность нагрева плазменными дугами порошковой ленты при расположении активного анодного пятна на ее поверхности намного выше, чем нагрев потоком плазмы при обычном плазма-MIG процессе [9]. Это позволяет снизить ток плазменных дуг, а, следовательно, и тепловые нагрузки неплавящихся электродов – катодов, что дает возможность упростить их конструкцию путем применения электродов стержневого типа.

Обеспечение качества наплавленного металла

В то же время, увеличение производительности расплавления электродной ленты и уменьшение глубины проплавления основного металла приводят к появлению дефектов в наплавленном металле типа несплавлений, наплывов, отслоений наплавленного слоя, а также заметно ухудшают формирование наплавленного валика. Особенно эти негативные явления проявляются по краям наплавленного валика. Причиной дефектов является плохая растекаемость жидкого наплавляемого металла по не-расплавленному основному металлу [5, 13].

Повысить растекаемость жидкой бронзы по стальной поверхности изделия можно, увеличив смачиваемость стали бронзой. Учитывая, что температура плавления бронз ниже на 500–600 °С температур плавления сталей, процесс образования соединения наплавленного металла с основным происходит за счет пайко-сварки. В этом случае, с целью улучшения смачивания основного металла жидким наплавляемым металлом необходимо применять флюсы. Известно, что высокой активностью обладают газообразные флюсы [14].

Среди газообразных флюсов необходимо отметить трифторид бора BF_3 – вещество, активно связывающее водород в трудно диссоциируемое соединение HF по реакции



Таким образом, трифторид бора может выполнять при наплавке ту же роль, что и тетрафторид кремния SiF_4 , который широко используется в сварочных материалах для связывания водорода.

В то же время трифторид бора активно реагирует с окислами металлов на поверхности изделия по реакции



Возможна также реакция с образованием бора оксида фтора [14]



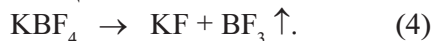
Продукты реакций (2) и (3) состоят из легкоплавких веществ, обладающих высокими

флюсующими свойствами. Трифторид бора благодаря перечисленным свойствам нашел применение при пайке.

Применять газообразный BF_3 для производства наплавочных работ весьма затруднительно, так как его необходимое количество в аргоне не превышает сотых долей процента, что вызывает трудности дозирования. Кроме того, в данном случае необходимы дополнительные баллоны, газовые коммуникации и т.п.

Более целесообразным является получение трифторида бора в процессе наплавки из твердых компонентов, входящих в состав шихты порошковой ленты, то есть путем, аналогичным используемому для получения тетрафторида кремния при сварке и наплавке.

Источником BF_3 в атмосфере дуги могут быть фторбораты щелочных металлов:



В то же время, фторбораты – довольно гигроскопичные вещества, что усложняет условия хранения порошковой ленты, а их стоимость достаточно высока.

Проведенные термодинамические расчеты [15] показали, что возможно получение трифторида бора из смесей доступных негигроскопичных веществ по реакциям



При этом, реакция (5) возможна уже при обычных температурах, однако реально она начинается при 560°C – температуре размягчения наиболее легкоплавкого компонента B_2O_3 , что было подтверждено термограммами процесса. Практически удобнее вместо AlF_3 применять криолит, используемый при производстве алюминия, а вместо B_2O_3 – плавленную техническую

буру. При этом образуются шлаки, обладающие высокой активностью.

Реакция (6) протекает при температурах более 1000°C , что также вполне приемлемо для процесса наплавки. В данном случае также целесообразно применять плавленную техническую буру, а образующийся при этом шлак имеет ярко выраженный основной характер.

Исследование наплавленных образцов показало, что глубина проплавления основного металла в центральной части наплавленного одностороннего валика не превышает 0,6 мм, по краям валика соединение произошло за счет пайко-сварки. При автоматической наплавке по винтовой линии с шагом половины ширины валика проплавление основного металла практически отсутствует.

Таким образом, при восстановлении штоков гидропрессов высокопроизводительным комбинированным способом плазма-MIG наплавки оказалось возможным заменить двухслойную наплавку однослойной. Кроме того, применение порошковых лент, которые выделяют в процессе наплавки трифторид бора, позволило существенно улучшить качество наплавленного металла. После механической обработки (рис. 2) дефекты в наплавленном металле не были обнаружены.

Заключение

Суть разработанного комбинированного способа плазма-MIG наплавки, состоит в том, что создается косвенная плазменная дуга между неплавящимися электродами плазмотрона и плавящимся электродом MIG процесса – порошковой лентой, аксиально подаваемой в плазмотрон. Это обеспечивает подогрев по-



а



б

Рис. 2. Штоки гидропресса, наплавленные бронзой БрАЖ10-4, до механической обработки (а) и после нее (б)

рошковой ленты плазменной дугой, что существенно повышает производительность наплавки.

Применение данного способа наплавки целесообразно для восстановления штоков гидропрессов путем наплавки бронзы на стальную основу детали, что позволяет получить качественный наплавленный металл уже в первом наплавленном слое.

Использование в шихте порошковой ленты веществ, которые выделяют в процессе наплавки трифторид бора, обеспечивает ведение процесса наплавки в режиме пайко-сварки с минимальным проплавлением основного металла и с качественным формированием наплавляемого валика.

В дальнейших исследованиях необходимо, во-первых, оптимизировать состав и количество газошлакообразующих компонентов в шихте порошковой ленты, выделяющих трифторид бора. Во-вторых, важно определить зависимости параметров режима наплавки от характеристик наплавленного слоя, что могло бы практически использоваться при разработке технологических процессов наплавки на предприятиях.

Также необходимо доработать оборудование для плазма-MIG наплавки предложенным способом с учетом особенностей процесса, обеспечив снижение стоимости оборудования и повышение его эффективности в производственных условиях.

Список литературы

1. Ремонт деталей металлургических машин. Справочник / под ред. В.И. Цекова. – М.: Металлургия, 1979. – 320 с.
2. Справочник по сварке в 4-х томах. Т. 4 / под ред. А. И. Акулова. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
3. Плазменная наплавка / А.Е. Вайнерман, М.Х. Шоршоров, В.Д. Веселков, В.С. Новосадов. – Л.: Машиностроение, 1969. – 192 с.
4. Гамо И.С., Миличенко С.Л. Особенности формирования структуры и свойств алюминиевой бронзы, наплавленной на сталь // Теоретические и технологические основы наплавки. Наплавка в машиностроении и ремонте. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона. – 1981. – С. 99–105.
5. Гладкий П.В., Переpletчиков Е.Ф., Рябцев И.А. Плазменная наплавка. – Киев: Екотехнологія, 2007. – 292 с.
6. Vennekens R., Shevers A.A. Plasma-MIG welding of copper and copper alloys // Welding and Metal Fabrication. 1977. V. 45. No 4. P. 227–235.
7. Plasma-MIG welding – a new torch and arc starting method / W.G. Essers, G.A.M. Willems, J.J.C. Buelens, M.P.M. Gompel // Reference Metal Construction. 1981. V. 13. No 1. P. 36–42.
8. Чигарев В.В., Кондрашов К.А., Грановский Н.А. Повышение качества наплавленного металла при плазма-MIG наплавке алюминиевых сплавов // Автоматическая сварка. 2006. № 6. С. 50–52.
9. Нагрев плазменной дугой плоского электрода аксиально подаваемого в плазматрон / В.В. Чигарев, Н.А. Грановский, Н.А. Макаренко, К.А. Кондрашов // Автоматическая сварка. 2007. № 8. С. 23–28.
10. Устройство для поджигания дуги двухэлектродного плазмотрона / Н.А. Макаренко, В.В. Чигарев, Н.А. Грановский и др. // Автоматическая сварка. 2009. № 2. С. 46–48.
11. Мощный возбудитель – стабилизатор сварочной дуги / В.В. Чигарев, Н.А. Грановский, К.А. Кондрашов, Н.А. Макаренко // Сварочное производство. 2007. № 7. С. 14–16.
12. Ленинкин В.А., Дюргеров Н.Г., Сагиров. Х.Н. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.
13. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. – М.: Машиностроение, 1987. – 187 с.
14. Есенберлин Р.Е. Пайка и термическая обработка деталей в газовой среде и в вакууме. – Л.: Машиностроение, 1972. – 192 с.
15. Уике К.Е., Блок Б.Е. Термодинамические свойства 65 элементов, их окислов, галогенидов, карбидов и нитридов. – М.: Металлургия, 1965. – 240 с.

Материал поступил в редакцию 25.12.2009

**МАКАРЕНКО
Наталья
Алексеевна**

E-mail: sp@dgma.donetsk.ua
Тел. 8 10 38 (0626) 414 778

Доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой оборудования и технологии сварочного производства Донбасской государственной машиностроительной академии (г. Краматорск, Донецкая обл., Украина). Область научных интересов – плазменная наплавка с аксиальной подачей порошковой проволоки и разработка порошковых проволок. Автор более 150 научных статей, изобретений и патентов.

**ЛАСТОВИРЯ
Вячеслав
Николаевич**

E-mail: lvn3@mail.msiu.ru
Тел. 8 (495) 620-39-54

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой оборудования и технологий сварочного производства МГИУ. Область научных интересов – автоматизация сварочных процессов. Автор более 100 научных трудов, изобретений и учебных пособий.

**БОГУЦКИЙ
Александр
Андреевич**

E-mail: sp@dgma.donetsk.ua
Тел. 8 10 38 (0626) 414 778

Кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования и технологии сварочного производства Донбасской государственной машиностроительной академии. Область научных интересов – плазменная сварка и наплавка. Автор более 40 научных статей, изобретений и патентов.

**ГРАНОВСКИЙ
Николай
Александрович**

E-mail: sp@dgma.donetsk.ua
Тел. 8 10 38 (0626) 414 778

Аспирант кафедры «Металлургия и технология сварочного производства» Приазовского государственного технического университета. Область научных интересов – плазменная наплавка на основе порошковых проволок и компьютерное моделирование сварочных процессов. Автор 16 научных статей и 2 патентов.