

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ГАЗОВОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ ПОД ФЛЮСОМ

В. Н. КОЛЕДА, инж., **В. М. ИЛЮШЕНКО**, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Приведены результаты оценки влияния комбинированной защиты на газонасыщенность металла на стадии капли и ванны при сварке и наплавке меди и ее сплавов. Оптимизированы параметры процесса сварки и наплавки под флюсом при использовании дополнительной газовой защиты. Разработан новый способ импульсной подачи защитного газа в зону дуги при сварке и наплавке под флюсом.

Ключевые слова: дуговая сварка, наплавка под флюсом, медь и сплавы меди, газовая защита, водород, предупреждение пористости

Автоматическая сварка и наплавка под флюсом меди и ее сплавов является одним из перспективных способов изготовления как элементов металлургического оборудования, так и получения биметаллических изделий медь–бронза, сталь–бронза [1–4].

В настоящее время для сварки и наплавки меди и медных сплавов применяют плавные флюсы АН-60, АН-20П, АН-26П, АН-348-А, ОСЦ-45 и др., разработанные для сварки сталей. Однако даже при соблюдении всех технологических рекомендаций (прокалка флюсов, механическая очистка, обезжиривание проволоки и основного металла) они не всегда обеспечивают требуемую плотность металла. Известно, что эффективной мерой предупреждения пористости является снижение парциального давления водорода в атмосфере дуги. Это может быть достигнуто за счет как связывания его в соединения, так и добавления в атмосферу дуги других газов [5, 6].

В настоящей работе оценивали влияние дополнительной газовой защиты на газонасыщенность металла на стадии капли и ванны, качество сварных швов меди, меди со сталью и наплавки медных сплавов на сталь и медь.

Для выбора оптимальной схемы подачи газа в зону дуги были опробованы два способа — через медное сопло и через расположенную горизонтально медную трубку. В качестве дополнительной защиты использовали азот (расход 300...700 л/ч), который подавали в непрерывном режиме. При подаче защитного газа первым способом изменяли диаметр сопла (от 10 до 20 мм) и расстояние от его торца до основного металла (от 10 до 30 мм), при втором способе — диаметр трубки (от 3 до 10 мм), угол наклона (от 0 до 30°) к горизонту,

расстояние от выходного отверстия до электрода (от 10 до 30 мм), до основного металла (от 5 до 15 мм). Наружные поры определяли визуально. Наличие и характер расположения внутренних дефектов изучали на макро- и микрошлифах. Склонность наплавленного металла к пористости оценивали по количеству плотных валиков.

Как показали проведенные эксперименты, при подаче защитного газа через сопло положительный эффект достигался только тогда, когда нижний край сопла находился в расплавленном шлаке и создавались благоприятные условия для попадания защитного газа в зону дуги. Однако это приводит к шунтированию сварочного тока, нарушению стабильности процесса и ухудшению формирования валика.

При подаче защитного газа через газопроводную медную трубку наилучшие результаты получены тогда, когда она располагалась перед дугой или сбоку под углом не более 5...10° к горизонту, причем ее конец находился в расплавленном шлаке. Оптимальный диаметр трубки составлял 4...6 мм. При выборе наиболее эффективной защитной среды опробовали азот, аргон и углекислый газ.

С целью изучения механизма влияния дополнительной газовой защиты на пористость определяли газонасыщенность металла на стадиях капли и ванны. Для этого определяли содержание водорода в каплях электродного металла, остающихся на концах электрода после прекращения сварки, и в «карандашных пробах», которые отбирали путем слива металла ванны через отверстие в образце. Жидкий металл попадал в разборной медный кристаллизатор диаметром внутреннего отверстия 10 мм. Фиксация растворенных в жидком металле газов происходит в результате высокой скорости кристаллизации проб. Образцы, изготовленные из «карандашных проб», и капли электродного металла анализировали на приборе

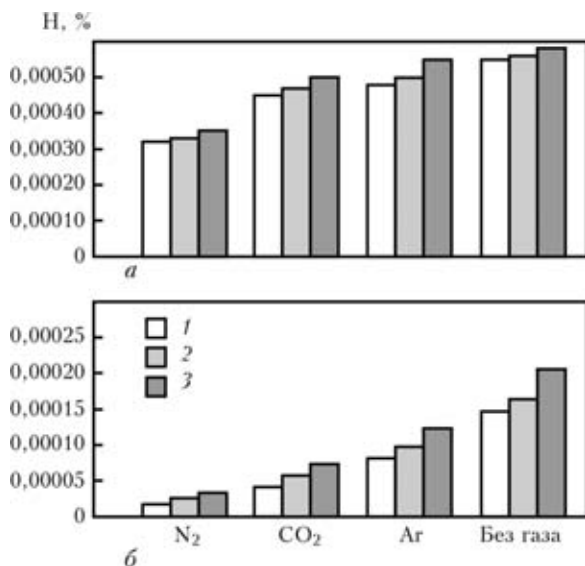


Рис. 1. Влияние защитного газа на содержание водорода в каплях электродного металла (а) и металла сварочной ванны (б): 1 — проволока марки БрАМц9-2; 2 — БрХ07; 3 — МНЖКТ5-1-0,2-0,2

РН-2 фирмы «LECO» с целью определения в них содержания остаточного водорода. Наплавку проводили проволокой марки БрАМц9-2 под флюсом АН-26П на пластины из бронзы марки БрАМц9-2 толщиной 10 мм. При сварке меди толщиной 10 мм использовали проволоку марки БрХ07 и флюс АН-348А, меди со сталью толщиной 10 мм — проволоку марки МНЖКТ5-1-0,2-0,2 и флюс АН-60. Расход аргона, азота и углекислого газа составлял 500 л/ч. Газ подавали в непрерывном режиме через медную трубку диаметром 5 мм, установленную перед дугой под углом 10° к горизонту. Расстояние от выходного отверстия до электрода составляло 12 мм, а до поверхности образцов — 7 мм.

Установлено, что применение дополнительной газовой защиты позволяет уменьшить насыщение жидкого металла водородом на стадии капли и ванны (рис. 1), что обуславливает снижение пористости швов и наплавов.

В швах и наплавках, выполненных с дополнительной газовой защитой, пористость отсутствовала во всех случаях. Без применения дополнительной

газовой защиты при сварке меди и меди со сталью в швах наблюдали отдельные поры, а при наплавке бронзы — значительную пористость.

Из рис. 1 видно, что содержание водорода в жидкой ванне значительно ниже, чем в каплях электродного металла, что, по-видимому, обусловлено частичной дегазацией ванны.

Для изучения влияния дополнительной газовой защиты на пористость наплавленного металла применили методику многослойной наплавки, когда в каждом следующем валике склонность наплавленного металла к пористости увеличивается. Наплавки проводили проволокой марки БРАМц9-2 под флюсом АН-26П на медные и стальные образцы толщиной 15 мм. Медную трубку диаметром 5 мм устанавливали на расстоянии 10 мм от электрода перед дугой. Угол наклона к горизонту составлял 5°, а расстояние от выходного отверстия до поверхности образцов — 5 мм. В качестве дополнительной защиты использовали аргон, азот и углекислый газ, которые подавали в непрерывном режиме, изменяя расход от 100 до 900 л/ч. Данные о влиянии дополнительной газовой защиты на пористость наплавленного металла приведены на рис. 2.

Как показали проведенные эксперименты, с увеличением расхода газа стойкость наплавленного металла против образования пор возрастала. Однако при расходе более 800 л/ч наблюдаются разрывы шлакового пузыря, что приводит к нарушению стабильности процесса горения дуги, повышенному разбрызгиванию металла и ухудшению формирования валиков. При расходах менее 200 л/ч не обеспечивается равномерная подача газа из-за залипания трубки шлаком.

Наилучшая плотность наплавленного металла достигается при использовании в качестве дополнительной защиты углекислого газа, который не только разбавляет атмосферу дуги, но и, имея окислительную способность, дополнительно связывает водород.

Большую эффективность азота в качестве защитного газа по сравнению с аргоном, по-видимому, с одной стороны, можно объяснить содержанием в техническом азоте примесей кислорода

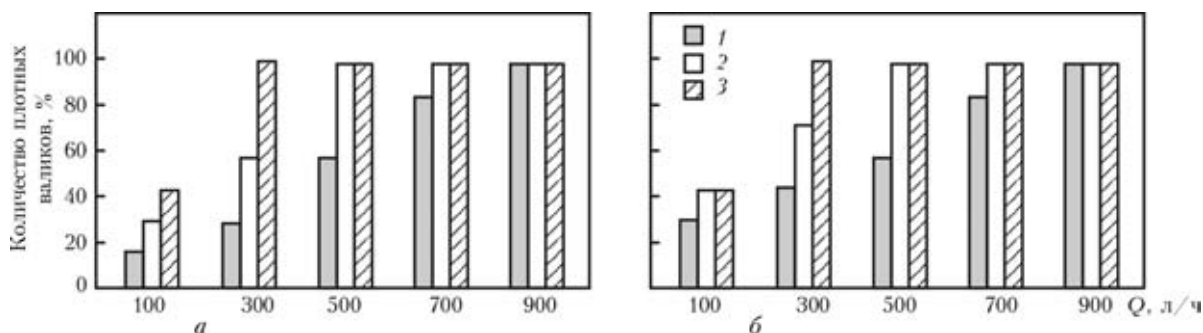


Рис. 2. Влияние состава газов и их расхода на стойкость против пористости при наплавке бронзы БрАМц9-2 под флюсом АН-26П на медь (а) и сталь (б): 1 — Ar; 2 — N₂; 3 — CO₂

(от 0,5 до 5 %), который связывает водород, а с другой, — лучшими условиями дегазации сварочной ванны. При этом возможно выделение пузырьков азота, которые могут служить зародышами пор и приводить к пористости при более низких содержаниях водорода в жидком металле.

С целью уменьшения расхода защитного газа проводили сравнительные опыты по подаче защитного газа в импульсном и непрерывном режимах. В опытах изменяли угол наклона газопровода от 0 до 15°, расстояние от выходного отверстия газопровода до основного металла от 3 до 9 мм, частоту импульсов от 0 до 1,5 Гц, расход защитного газа от 250 до 800 л/ч.

Опробование способа подачи защитного газа через медную трубку в импульсном режиме показало, что при определенных параметрах импульсной подачи можно достичь значительного уменьшения расхода защитных газов, улучшения стабильности процессов сварки и наплавки при гарантированном отсутствии пор в швах и наплавленном металле.

На основании проведенных экспериментов разработан способ подачи защитного газа в зону дуги в импульсном режиме, схематически изображенный на рис. 3. На границе плавления флюса 1 размещают газопровод 2, выполненный в виде трубки. Газ в зону сварки можно подавать как в постоянном, так и в импульсном режиме через устройство 3.

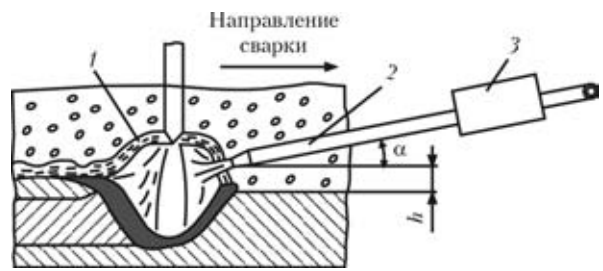


Рис. 3. Схема способа подачи защитного газа (обозначения см. в тексте)

Выходной диаметр газопровода выбирают в пределах одного диаметра электрода и размещают на расстоянии 5...7 мм от поверхности свариваемой детали, а газопровод устанавливают под углом 5...10° к горизонтальной плоскости. Продолжительность импульса подачи газа устанавливают в размере 40...60 % длительности выбранного периода подачи газа. Увеличение или уменьшение угла наклона газопровода к горизонтальной плоскости приводит к ухудшению формирования шва, разбрызгиванию металла при сварке и наплавке, образованию наплыва, нарушению стабильности процесса сварки и наплавки, а также появлению пористости в швах и наплавленном металле. При установке расстояния от выходного отверстия газопровода до поверхности свариваемой детали менее 5 мм возможны случаи зацепления его за поверхность металла, а при увеличении этого расстояния более 7 мм струя за-

Влияние параметров подачи защитного газа и технологических факторов на качество швов

Частота импульсов f , Гц	Угол наклона газопровода α , град	Высота газопровода над основным металлом, мм	Расход защитного газа Q , л/ч	Качество		Наличие пор
				стабильности процесса	формирования валика	
0,50	5	5	250	Уд.	Уд.	Поры
0,75	7	5	250	Хор.	Хор.	Пор нет
1,00	5	6	250	Отл.	Отл.	»
1,25	5	7	250	»	Хор.	»
1,50	5	5	250	»	»	Отдельные поры
1,00	0	5	250	Уд.	Неуд.	Пор нет
1,00	10	5	250	Хор.	Хор.	»
1,00	15	5	250	Уд.	Уд.	Отдельные поры
1,00	7	3	250	Неуд.	Неуд.	Поры
1,00	7	9	250	Хор.	Уд.	»
—	5	5	250	Отл.	Отл.	»
—	5	5	300	»	»	»
—	5	5	400	»	»	»
—	5	5	500	»	»	»
—	5	5	600	»	»	Отдельные поры
—	5	5	700	»	»	»
—	5	5	800	»	»	Пор нет



щитного газа может распространяться во флюсе над расплавленной пленкой шлака. При этом парциальное давление водорода не снижается, что приводит к появлению пористости в наплавляемом металле. Частоту пульсации газа устанавливают в пределах 0,75...1,25 Гц. Уменьшение частоты импульсов приводит к появлению пористости в наплавляемом металле, а увеличение частоты — практически к непрерывной подаче газа и увеличению его расхода. Уменьшение или увеличение соотношения длительности импульса к длительности всего периода пульсации от 40...60 % приводит к пористости в наплавляемом металле шва.

Экспериментальные данные обобщены в таблице, в которой приведены результаты наплавки бронзовой проволокой БрАМц 9-2 диаметром 4 мм на образцы из меди марки М1 под флюсом АН-26П при различных расходах защитного газа аргона.

При пульсирующей подаче защитного газа достигается периодический разрыв пленки расплавленного флюса и газ, беспрепятственно проходя в зону дуги, снижает в ней парциальное давление водорода, оказывая динамическое воздействие на расплавленный металл и облегчая тем самым выход растворенного в нем водорода.

Как видно из таблицы, соблюдение указанных выше оптимальных параметров импульсной подачи газа через медную трубку позволяет получать стабильный процесс наплавки, плотные валики с хорошим формированием при более низких расходах защитного газа по сравнению с его подачей в постоянном режиме.

Широкое опробование данного способа при сварке меди и меди со сталью, многослойной наплавке на медь и сталь бронз типа БрАМц9-2, БрКМц-3-1 под флюсами марок АН-26П, АН-20П, АН-60, АН-348-А, ОСЦ-45 показало, что применение комбинированной защиты во всех случаях обеспечивает получение плотных швов и наплавленного металла.

Способ комбинированной защиты прошел промышленную апробацию при сварке меди со сталью под флюсом применительно к изготовлению доменных фурм с толщиной свариваемых кромок 5...10 мм, а также при наплавке бронзы на сталь под флюсом на кольцевые поверхности с целью повышения работоспособности и служебных характеристик биметаллических изделий, что позволяет рекомендовать его для промышленного внедрения.

1. *Гуревич С. М.* Справочник по сварке цветных металлов. — Киев: Наук. думка, 1990. — 510 с.
2. *Патон Б. Е.* Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. — М.: Машиностроение, 1974. — 768 с.
3. *Машиностроение.* Энциклопедия. Т. 4. — Сварка цветных металлов и сплавов / Под ред. Б. Е. Патона. — М.: Машиностроение, 2006. — 767 с.
4. *Monnean Ph.* Les liaisons du cuivre // Vide Sei, techn. et appl. — 2000. — 55, № 296. — S. 147–158.
5. *Сварка под газонасыщенным флюсом* / В. В. Подгаецкий, С. М. Мендельберг, В. С. Бендер и др. // Автомат. сварка. — 1973. — № 6. — С. 28–31.
6. *Илюшенко В. М., Босак Л. К.* Влияние степени окисленности флюса на пористость при сварке меди // Там же. — 1984. — № 4. — С. 67–68.

The paper presents the results of evaluation of the influence of combined shielding on metal gas saturation at the stage of the drop and the pool in welding and surfacing of copper and its alloys. Parameters of the process of gas-shielded welding and surfacing when using additional gas shielding were optimized. A new method of pulsed feed of shielding gas into the arc zone in submerged-arc welding and surfacing was developed.

Поступила в редакцию 04.06.2010