

## О НАПЛАВКЕ ПОД СЛОЕМ ЛЕГИРУЮЩЕГО ФЛЮСА

В. П. ЗЮРЮКИН  
В. И. УМРИХИН  
А. В. КОВАЛЬ  
А. М. ГУРОВ

Изношенное до предела сопряжение можно восстанавливать, нанося слой металла. Один из способов восстановления — автоматическая наплавка под слоем флюса. В последнее время он получил широкое распространение из-за хорошего качества наплавленного металла, высокой производительности, а также возможности регулировать химический состав металла наплавки. Кроме того, правильно выбрав технологические режимы и состав флюсов, можно достигнуть высокой твердости поверхности без последующей термообработки.

Цилиндрические детали наплавляют на станке, который переоборудован на малые числа оборотов — 0,5—23 об./мин. На суппорте станка устанавливается наплавочный аппарат. Для наплавки цилиндрических деталей диаметром до 200 мм рекомендуется аппарат А-409. Диаметр электродной проволоки 1,6—2 мм; скорость подачи электродов регулируется установкой сменных шестерен редуктора.

Питание сварочной головки возможно переменным и постоянным током. Но переменный ток дает наплавку более низкого качества, поэтому применяется редко. Постоянный ток может быть прямой или обратной полярности. Источниками питания служат преобразователи тока или выпрямители. Сила тока колеблется в пределах 150—200 а и выбирается для каждой конкретной детали. Напряжение обычно колеблется в пределах 20—40 в. Сила тока и напряжение существенно влияют на процессы формирования шва и легирования наплавленного слоя.

Наплавка ведется под слоем флюса с перекрытием валиков на треть. При этом флюс после расплавления защищает сварочную ванну от взаимодействия с атмосферой, способствует хорошему формированию валика, предохраняет металл от разбрызгивания и реагирует с металлом ванны.

Флюсы делятся на плавленные и керамические. В основном применяют плавленные флюсы, которые должны удовлетворять следующим требованиям: 1) пропускать газы, образующиеся в полости ванны; 2) способствовать формированию широких валиков с плавными очертаниями; 3) предупреждать образование пор в наплавленных слоях; 4) обеспечивать стабильность дуги.

Для наплавки обычно применяют следующие пять видов флюсов:

АН-348А используется при наплавке углеродистой проволокой и

проволокой из стали Св-18ХГСА, Св-30ХГСА. При наплавке под этим флюсом происходит частичное выгорание углерода электродной проволоки, металл наплавки легируется кремнем и марганцем. Стабильность дуги хорошая, отделяемость шлаковой корки удовлетворительная.

ОЦС-45 применяется в тех же случаях. Но при наплавке под ним выделяется значительное количество вредных фтористых газов, стабильность дуги оказывается пониженной.

АН-20 выпускается в двух вариантах — стекловидный и пемзовидный. Это низкремнистый безмарганцевый флюс применяется при наплавке легированной проволокой. Недостаток — трудность наплавки детали малого диаметра из-за его легкоплавкости.

АН-10 в значительной степени легирует металл наплавки марганцем.

АН-30 при наплавке используется только с легированной проволокой, имеющей не менее 0,5% кремния. Этот флюс тугоплавок, применяется для наплавки деталей малого сечения.

Чтобы уменьшить пористость наплавленного металла, нужно оберегать флюсы от влаги (содержание ее не должно превышать 0,1%).

Существует несколько способов легирования металла наплавки, но наиболее распространена наплавка под слоем легирующего флюса. В ремонтной практике широко используется автоматическая наплавка под флюсом АН-348А и под легирующим флюсом (флюс АН-348А, 2% феррохрома № 6, 2,5% графита, 2,5% жидкого стекла). В первом случае металл наплавки легируется только кремнием и марганцем, но обедняется углеродом. При наплавке углеродистой проволокой (0,7—0,08% углерода) металл наплавки, в зависимости от режимов имеет 0,2—0,6% углерода.

Степень легирования марганцем и кремнием зависит от режимов наплавки; в некоторых пределах ее можно регулировать. Чтобы у наплавленного под простым флюсом металла были высокие механические свойства, желательно подвергать деталь термообработке.

Для повышения механических свойств наплавленного слоя наплавку ведут под легирующим флюсом, металл легируется хромом, марганцем, кремнием и дополнительно насыщается углеродом. Благодаря пониженной критической скорости закалки металл наплавки закаливается за счет отвода тепла массой детали и имеет высокую твердость (но обладает крупнозернистой структурой).

В основном химический состав наплавленного металла определяется составом флюса и электродной проволоки. Некоторое влияние оказывает и технология наплавки. Во время наплавки одновременно происходят процессы насыщения металла легирующими элементами и окисления, испарения их. Особенно склонны к окислению углерод, марганец. Основные процессы легирования протекают на границе металл-шлаки. Как следует из статьи К. В. Багрянского, не все легирующие элементы активно участвуют в процессе легирования, часть их испаряется, а часть остается во флюсе (остается пассивной). Максимальное насыщение слоя возникает при равновесии процессов насыщения и испарения (окисления), то есть при равновесной концентрации.

При постоянном составе флюса и электродной проволоки, но при изменении режимов, а также вылета и угла наклона электрода химический состав наплавленного слоя может колебаться в значительных пределах. Увеличение силы тока вызывает обеднение наплавленного металла легирующими элементами. Это объясняется следующим.

1. Повышение силы тока вызывает увеличение скорости расплав-

ления электродной проволоки, а количество расплавленного флюса практически остается без изменения.

2. Повышение силы тока вызывает увеличение глубины проплавления металла.

Следовательно, чтобы увеличить легирование, желательно уменьшить силу тока, но при этом снижается производительность и стабильность процесса.

Увеличение напряжения повышает степень легирования, так как возрастает количество контактирующего флюса (из-за увеличения ширины проплавления) и уменьшается глубина проплавления основного металла.

Уменьшения угла наклона электрода к горизонту и увеличение его вылета уменьшает глубину проплавления основного металла, следовательно, повышает степень легирования.

Изменение числа оборотов наплавляемой детали влияет на степень легирования из-за изменения времени контактирования расплавленного флюса и металла. На относительную массу расплавленного флюса большое влияние оказывает внешняя составляющая длины дуги, а также пространственное положение наплавляемой поверхности.

Высокая твердость наплавленного слоя объясняется самозакаливанием его из-за отвода тепла массой детали. Одновременно скорость охлаждения влияет на степень легирования, изменяя время контакта флюса и металла в расплавленном состоянии. С увеличением массы детали скорость охлаждения возрастает до некоторой величины, определяемой «критической» массой детали при конкретном режиме наплавки, так как скорость охлаждения обуславливается и погонной энергией дуги. При наплавке деталей малой массы применяется принудительное охлаждение (наплавка кожухов, труб).

Наплавленный металл должен иметь минимальную пористость. Окалина, ржавчина на наплавляемой детали и на электродной проволоке способствуют образованию пор, следовательно, перед наплавкой металл необходимо очистить. Влага во всех видах усиливает склонность к образованию пор. Для уничтожения влаги флюс прокаливают и хранят в герметичной таре. Поры в наплавленном металле образуются и при плохой защите сварочной ванны от взаимодействия с воздухом. Особенно способствуют порообразованию азот и водород. Содержание этих газов в наплавленном слое находится в прямой зависимости от содержания их в газах дуги. Полярность оказывает существенное влияние на порообразование. Максимальная пористость наблюдается при наплавке переменным током; меньше она при прямой полярности, еще меньше — при наплавке на обратной полярности. Все факторы, способствующие более быстрой кристаллизации, увеличивают склонность к порообразованию, ибо пузырьки газов не успевают всплыть на поверхность.

Существенное влияние на пористость металла оказывает химический состав флюса. Наиболее благоприятно действуют фтористый кальций, затем кремнезем. Введение в состав флюса щелочей, повышающих устойчивость дуги, существенно увеличивает склонность к порообразованию. Окислы марганца (окисляя его) связывают водород и поэтому улучшают качество флюса. Некоторое действие на порообразование оказывает химический состав основного металла. Положительно влияют элементы-раскислители.

Скорость плавления электродной проволоки в дуге зависит от ее химического состава, а также от рода тока. Скорость плавления принято измерять коэффициентом плавления  $K_p$  грамм/ампер. час. При наплав-

ке постоянным током обратной полярности углеродистой проволокой коэффициент плавления практически остается постоянным и имеет малую величину:

$$K_p = 11,6 \pm 0,4 \text{ г/а} \cdot \text{час.}$$

При наплавке постоянным током прямой полярности коэффициент плавления выше: он зависит от состава флюса (в основном от количества фтористого кальция). Чем ниже устойчивость дуги, тем выше скорость плавления. При наплавке углеродистой проволокой под флюсом АН-348А на прямой полярности постоянного тока коэффициент плавления выражается следующим уравнением:

$$K_p = 2,8 + 0,1 \frac{I_a}{d} \text{ г/а} \cdot \text{час.},$$

где:

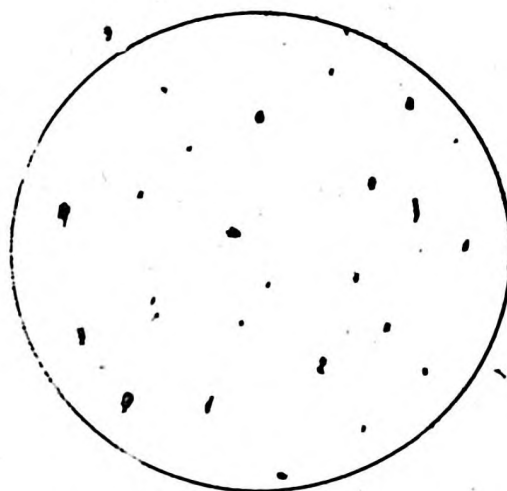
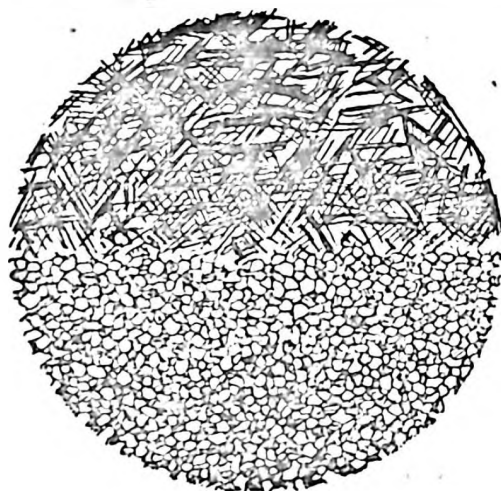
$I_a$  — сварочный ток, а,  
 $d$  — диаметр электрода, мм.

При наплавке на переменном токе коэффициент плавления выражается следующим уравнением:

$$K_p = 7 + 0,04 \frac{I_a}{d} \text{ г/а} \cdot \text{час.}$$

Эти уравнения учитывают плавление электрода только теплом дуги. Так как при наплавке под флюсом потери от разбрызгивания не превышают 1,5%, то коэффициент наплавки почти равен коэффициенту плавления.

Режимы наплавки	$I_a$	$V_{II}$	n об./мин.	Скор. подачи проволоки, м/мин.		Шаг наплавки
				d=1,6	d=1,8	
Коренная	190—200	25—26	2,4	2	1,6	2,8
Шатунная	190—200	25—26	3	2	1,6	2,6



Микроструктура наплавленного слоя у зоны сплавления (слева) и пористость шва (справа)

Мы произвели некоторые исследования наплавленных слоев на автомобильных коленчатых валах, восстановленных на Благовещенском авторемонтном заводе, под слоем легированного флюса АН-348А по ГОСТ 9087-59, который содержал: феррохром марки Хр-6 ГОСТ В 1415-42 (2% веса флюса), жидкое стекло (2,5% веса флюса). Углерод (графит) был исключен из состава флюса, чтобы уменьшить пористость. Твердость шеек коленчатых валов, восстановленных под таким флюсом, составляет 45—55 НРС.

Полученный легированный слой подвергается закалке непосредственно после наплавки за счет отвода тепла массой коленчатого вала. Твердость достигает величины НРС 55. По микроструктуре наплавленный слой — крупнозольчатый, неоднородный мартенсит. На рисунке (слева) хорошо заметна граница сплавления с основным металлом.

Распределение углерода по высоте слоя неравномерно. Ближе к верхней границе наплавленный слой содержит меньше углерода. Это объясняется диффузией его вверх и дальнейшим выгоранием во время наплавки.

Спектральный анализ образцов, произведенный на кварцевом спектрографе ИСП-28 с применением искрового возбуждения (генератор ИГ-3) и комплекта эталонов 29-а дал следующие результаты: углерод — 0,35—0,3%; кремний — 0,83%; хром — 1,1%; марганец — 1,56%.

Такой химический состав наплавленного слоя обеспечивает ему высокие химические свойства и износостойкость. Пористость наплавленного металла незначительна, что обеспечивает ему высокие механические свойства. Пористость металла показана на рисунке (справа).

Таким образом, применение автоматической наплавки под слоем флюса позволяет увеличить срок службы восстановленных деталей.