

## Раздел 6. ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ СТАЛЕЙ И ЧУГУНА.

### 6.2 Технология сварки и наплавки сталей.

**Электродная проволока для сварки.** Проволоки, используемые для сварки в  $\text{CO}_2$  и его смесях с Ar и  $\text{O}_2$  углеродистых и легированных сталей изготавливаются по ГОСТ 2246–70 (приложение 2).

Проволоки изготавливают с омедненной и неомедненной поверхностью. В настоящее время на предприятиях используют также электродные проволоки, изготавливаемые в Германии, Италии, Венгрии, Польше и др. странах по нормам DIN 8559 и ISO14341:2002.

В соответствии с ГОСТ 26271–84 изготавливаются порошковые газозащитные проволоки для сварки углеродистых и низколегированных сталей в защитных газах (табл. 5.5). В соответствии ГОСТ 26101–84 изготавливают универсальные порошковые проволоки для наплавки в защитных газах.

Таблица 5.5

*Химический состав некоторых порошковых газозащитных проволок, диаметром 1,0–2,0 мм изготавливаемых серийно*

Марка	Химический состав, %							
	C	Mn	Si	Ti	Ni	Mo	S	P
ППс-ТМВ7	0,05	1,45	0,35	-	-	-	0,015	0,015
ПП-АН63	< 0,12	1,0-1,5	0,3-0,7	-	-	-	< 0,03	< 0,03
ПП-АН67	< 0,10	1,0-1,3	0,35-0,60	Cr 0,25-0,35	1,1-1,25	0,25-0,35	< 0,03	< 0,03
Megafil 710M	0,05	1,3	0,70	0,03	0,2-0,7	-	0,02	0,02
Megafil 710R	0,05	1,3	0,50	0,03	0,7	-	0,02	0,02

**Низкоуглеродистые и низколегированные стали** хорошо свариваются в  $\text{CO}_2$  тонкими проволоками диаметром 0,5–1,6мм, в смесях  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  (15–25%) проволоками диаметром 1,2–2,0мм, в смесях Ar+ $\text{CO}_2$  (до 18%) импульсно-дуговой сваркой, в смесях Ar+ $\text{CO}_2$  (20–25%) и Ar+ $\text{CO}_2$  20%+ $\text{O}_2$  5% на режимах с принудительными короткими замыканиями проволокой 0,5–1,4мм и диаметром 1–4мм на режимах струйного переноса, в смесях Ar+ $\text{CO}_2$  (от 25 до 80%) на режимах с принудительными короткими замыканиями проволокой 0,8–1,4мм. При этом обеспечивается получение высоких механических свойств (табл. 5.6), таких же, как при использовании электродов типов Э50А, Э55. Стойкость швов, вы-

полненных в  $\text{CO}_2$  при динамической нагрузке выше, чем швов, выполненных под флюсом.

При сварке толстого металла в нижнем положении используют проволоки диаметром 1,6 и 2,0 мм Св-08Г2С и Св-08ГСМТ, которые рекомендуется нагревать в течение 1,5–2 ч до температуры 200–250°C для удаления водорода и азота. Механические свойства швов, сваренных в  $\text{CO}_2$  проволоками диаметром 1,6–2,0мм, несколько ниже, чем проволоками диаметром 0,8–1,4мм. Швы, сваренные в смеси  $\text{Ar}+\text{CO}_2$ , по сравнению со сваркой в  $\text{CO}_2$ , обладают несколько более высокой ударной вязкостью при низких температурах (– 40 °С) (приложение 3). Механические свойства сварных соединений зависят от скорости охлаждения шва. С увеличением скорости охлаждения предел текучести несколько повышается, что связано с измельчением микроструктуры металла шва.

Таблица 5.6

*Механические свойства сварных соединений сваренных в  $\text{CO}_2$  (проволока Св-08Г2С диаметр 0,8–1,4мм, полярность обратная)*

Марка стали	Предел прочности, МПа	Угол загиба, град	Твердость шва по Виккерсу
Ст3сп	400–450	180	150–300
Ст4С	430–520	180	160–300
09Г2	460–540	180	160–320
СХЛ-4	550–600	180	170–350

При сварке соединений, собранных с неравномерным зазором и при неизбежных нарушениях газовой защиты (сварка на открытых площадках, при значительных зазорах в соединениях и др.) для сварки в  $\text{CO}_2$  углеродистых и низколегированных, сталей рекомендуют проволоку Св-20ГСЮТ.

При сварке в  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Ar}+\text{CO}_2$ ,  $\text{Ar}+\text{CO}_2+\text{O}_2$  сталей 10ХСНД и 15ХСНД для повышения стойкости сварных соединений к атмосферной коррозии рекомендуют проволоку Св-08Г2СДЮ, а для повышения коррозионной стойкости сварных соединений, эксплуатируемых в морской воде, – проволоку Св-08ХГ2С, а также Св-10ХГ2С дополнительно легированную никелем [5].

Для сварки углеродистых и низколегированных сталей в  $\text{CO}_2$  применяют также порошковые проволоки трубчатой конструкции с сердечником рутилового типа. Эти проволоки обеспечивают значительное уменьшение разбрызгивания и хорошее формирование швов. По механическим свойствам металл шва отвечает требованиям, предъявляемым к электродам типа Э50А. Порошковые проволоки с сердечником основного типа обеспечивают получение швов с более высокими пластическими свойствами при низких температурах.



Для сварки в  $\text{CO}_2$  углеродистых и ряда низколегированных сталей разработаны и изготавливаются проволоки типа Megafil 710 (табл. 5.5), которые содержат в центре небольшое количество шлака рутилового типа. Эти проволоки обеспечивают уменьшение разбрызгивания в диапазоне больших сварочных токов (выше 370 А) и хорошее формирование шва [6, 97]. Однако на поверхности шва образуется значительное количество шлака.

Сварка углеродистых и низколегированных сталей успешно выполняется также в  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ . Более высокий окислительный потенциал этой смеси обеспечивает большее окисление элементов; в том числе и водорода, что повышает стойкость швов к образованию трещин. Для сварки в смеси  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  используются проволоки Св-08Г2С и Св-08Г2СЦ (с церием) [97]. Сварку среднелегированных конструкционных сталей (20ХГС, 25ХГС, 30ХГС, 30ХГСА) рекомендуется выполнять в  $\text{CO}_2$  и смесях  $\text{Ar} + \text{CO}_2$  и  $\text{Ar} + \text{O}_2 + \text{CO}_2$  [5, 99]. В зависимости от состава стали и режима сварки применяют проволоку Св-08Г2С, а в случае наличия в стали значительного количества марганца – проволоку Св-08ГС. Смесь  $\text{Ar} + \text{CO}_2$  обеспечивает повышение хладноломкости швов, снижение количества шлака на швах и резкое уменьшение разбрызгивания [102, 103]. Сталь 20ХГС сваривается удовлетворительно, сталь 30ХГС сваривается с некоторыми затруднениями. Сталь 30ХГСА толщиной до 4 мм сваривают в  $\text{CO}_2$  без разделки кромок за один проход; при этом шов легируется углеродом, марганцем, кремнием и хромом за счет основного металла. Поэтому для сварки используют проволоки Св-08ГСМ, Св-08ГСМТ, Св-08ХГ2С, Св-08ХГ2СМ, Св-18ХГС диаметром 0,8–1,4 мм с содержанием не более 0,18 %С. Режимы сварки выбирают обычно такие же, как и для низколегированных сталей. Металл толщиной более 4 мм сваривают с разделкой кромки за несколько проходов. Для сварки сталей 30ХГС и 30ХГСА используют проволоку Св-08ХЗГ2СМ, которая обеспечивает получение высоких механических свойств после термической обработки. Металл толщиной до 10 мм сваривают без предварительного подогрева, а более 10 мм с предварительным подогревом. Первый корневой шов можно сваривать проволоками Св-08Г2С, Св-10ГСМТ, Св-08Г2СМ диаметром 1,0–1,2 мм. Стали 15ХМА и 20ХМА используют для конструкций, работающих при температуре до 520 °С. Сваривать их рекомендуется проволокой Св-08ХГСМ с предварительным подогревом до температуры 250–300 °С. После сварки соединения подвергают высокому отпуску. Сталь 34ХМ и соединения ее со сталью 20ХЗМВФ рекомендуют сваривать проволокой Св-08ХГСМФ с предварительным и сопутствующим подогрегом до температуры 350 °С. После сварки соединения подвергают термической обработке.

Сварка среднеуглеродистых и особенно высокоуглеродистых сталей затруднена ввиду опасности образования трещин в швах и в зоне термического воздействия проволоками влияния. Для получения высококачественных швов применяют предварительный подогрев изделий и последующую термическую обработку. В  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Ar}+\text{CO}_2$ ,  $\text{Ar}+\text{CO}_2+\text{O}_2$  и  $\text{Ar}+\text{O}_2$  диаметром 1–1,4мм эти стали свариваются легче, чем под флюсом. Это можно объяснить как окислительным характером защитного газа, так и меньшими напряжениями при сварке. Добавка кислорода и сварка в смесях  $\text{Ar}+\text{CO}_2\ 20\%+\text{O}_2\ 5\%$  на режимах с принудительными короткими замыканиями проволокой 0,5–1,4мм повышает стойкость к образованию пор и трещин.