

Изобретение относится к области сварочных материалов для механизированной сварки в углекислом газе или смеси углекислого газа с аргоном малоуглеродистых и низколегированных сталей.

Известен состав шихты порошковой проволоки,

Известен состав шихты электродной проволоки /2/, компоненты которого взяты в следующем сочетании:

диоксид титана	40-60
диоксид кремния	5,0-10,0
оксид натрия	2,0-4,0
оксид калия	0,2-1,0
фторид кальция	0,5-2,0
ферромарганец	5,0-25,0
железный порошок	1,0-15,0
гематит с криолитом	3,10-25
алюмомагний порошок	3-10

Электродная проволока, содержащая шихту приведенного состава, обеспечивает стабильное горение сварочной дуги, высокую устойчивость против образования пор при сварке литых сталей и загрязненных поверхностях изделия.

Однако высокое содержание в шихте окислителей в виде гематита и диоксида кремния в сочетании с защитой сварочной ванны углекислым газом приводит к существенному увеличению образования сварочного аэрозоля и содержания кислорода и неметаллических включений в металле шва, что является причиной снижения его ударной вязкости, особенно при отрицательных температурах. Наличие гематита и криолита существенно снижает температуру плавления шлака и величину межфазного натяжения на границе металл-шлак, что не позволяет выполнять сварку в различных пространственных положениях (вертикальное, горизонтальное, потолочное).

Следует отметить, что достаточно высокое содержание в шихте оксидов натрия и калия обеспечивает высокую стабильность сварочной дуги, но требует быстрой реализации проволоки после ее прокалки, т.к. образование продуктов гидратации приводит к увеличению потенциальной влаги в шихте, и, как следствие, повышению содержания водорода в металле шва. Это, в ряде случаев, приводит к снижению ударной вязкости, и образованию холодных трещин, особенно на сталях с содержанием углерода более 0,3 % или $C_{ЭКВ} \geq 0,4$ %.

Высокое содержание в шихте алюмомагниевого порошка приводит к повышению стойкости против пористости вызываемой азотом, но приводит к увеличению содержания алюминия в металле шва. Критическими содержаниями являются $[Al] \geq 0,02$ %, превышение которых приводит к резкому снижению ударной вязкости.

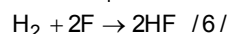
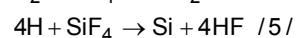
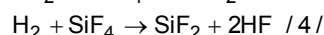
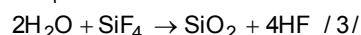
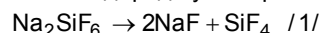
Вышеуказанное существенно снижает технологические возможности электродной проволоки, а в ряде случаев не позволяет рекомендовать ее к применению.

В основу изобретения поставлена задача создать порошковую проволоку, которая обеспечит повышение производительности сварки швов во всех пространственных положениях за счет создания более короткого шлака и возможности сварки на более высоких токах, достигнуть более высоких показателей ударной вязкости за счет комплексного легирования металла шва, обеспечить более высокую стойкость к образованию пористости швов путем введения легко разлагающихся фторидов и магния.

Для решения указанной задачи состав шихты порошковой проволоки, содержащей диоксид титана, диоксид кремния, магния, оксид алюминия, оксид калия, оксид натрия, марганец, кремний и железный порошок дополнительно введены натрия фторсиликат, оксид алюминия, никель, ферротитан при следующем соотношении ингредиентов (мас. %):

диоксид титана	25,0-66,0
диоксид кремния	1,0-4,0
оксид алюминия	0,6-2,0
оксид натрия	0,2-0,9
оксид калия	0,1-0,4
фторсиликат натрия	2,0-4,5
алюминий	0,4-1,3
магний	0,6-2,0
ферротитан	0,3-3,3
кремний	1,8-6,4
марганец	10,0-18,0
никель	1,6-12,0
железный порошок	5,0-40,0

Введение фторсиликата натрия в пределах 2,8...4,5 % позволяет эффективно снижать парциальное давление водорода у поверхности сварочной ванны вследствие развития реакций:



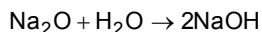
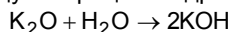
В результате этого снижается содержание водорода в металле шва.

Введение в шихту фторсиликата натрия более эффективно снижает содержание водорода в металле шва по сравнению с криолитом. Это подтверждается и термодинамическими расчетами взаимодействия SiF_4 и AlF_3 с водородом и парами воды в дуге.

Реакция начинается интенсивно протекать при 700°C, а в смеси с минералами и порошками металлов и ферросплавов при 300-350°C. В связи с этим газообразный тетрафторид кремния поступает в газовую фазу реакционной зоны, что является очень благоприятным фактором для развития реакций (2, 3 и 4, 5).

Эффект воздействия фторсиликата натрия на связывание водорода в нерастворимый в металле фтористый водород снижается введением оксидов натрия и калия, т.к. в сварочной дуге при диссоциации этих оксидов образуются ионы калия и натрия, которые интенсивно взаимодействуют с фтором с образованием термически устойчивых фторидов натрия и калия. В этом случае остается не связанный водород, что приводит к увеличению содержания водорода в металле шва.

В связи с этим содержание оксидов натрия и калия стремились свести к минимальному и было в пределах необходимых для обеспечения повышения стабильности горения сварочной дуги ($K_2O \geq 0,1$, $Na_2O \geq 0,2$). При содержании оксида натрия менее 0,2 % и оксида калия менее 0,1 % сварочная дуга горит нестабильно, а при увеличении их содержания соответственно более 0,9 и 0,4 % наблюдается увеличение содержания водорода в металле шва. Кроме этого, при содержании оксидов натрия более 0,9 % и калия 0,4 % увеличение водорода в металле шва связано с гидратацией этих оксидов вследствие взаимодействия с парами воды, находящимися в воздухе. Процесс гидратации идет по реакции:



Процесс гидратации приводит к повышению влажности шихты порошковой проволоки и при более высоких содержаниях этих оксидов возможно превышение критической влажности шихты в проволоке, что приводит к образованию пор в металле шва.

Дополнительное повышение стойкости против пористости сварных швов достигается также за счет введения магниевого порошка. В связи с тем, что магний интенсивно испаряется при температурах, присущих сварочной ванне и каплям электродного металла (1800°C и 2200-2500°C), снижается парциальное давление газов (водорода, азота и кислорода) у поверхности сварочной ванны, что приводит к снижению содержания этих газов в металле шва.

Отсутствие в шихте оксидов железа и ограничение содержания диоксида кремния существенно уменьшает окислительный потенциал шихты, что позволяет эффективно применять магний при его более низких содержаниях по сравнению с прототипом.

При содержании магния менее 0,6 % эффект его воздействия резко снижается, т.к. количество образующихся паров магния недостаточно, а при содержании более 2,0 % ухудшается формирование шва при сварке в вертикальном положении.

Введение алюминиевого порошка, ферротитана, марганца и кремния осуществлялось с целью обеспечения комплексного раскисления металла сварочной ванны, снижения содержания в ней кислорода и неметаллических включений, а также реакции модифицирующего действия при кристаллизации металла сварочной ванны. Эта задача достаточно сложная, особенно в условиях сварки в углекислом газе в связи с высоким окислительным потенциалом газовой фазы.

При содержании алюминия менее 0,4 % наблюдается окисление титана в сварочной ванне и эффект модифицирования металла шва не наблюдается. Модифицирование металла шва оценивали по измельчению первичной и вторичной структур.

При содержании алюминия более 1,3 % наблюдается увеличение содержания неметаллических включений в металле шва. Содержание ферротитана в шихте проволоки поддерживалось на условиях обеспечения содержания титана в металле шва в пределах 0,01-0,03 %, что обеспечивает протекание процесса модифицирования. При этом минимальном содержании алюминия вводили ферротитан в количестве не более 3,3 %, а при максимальном содержании алюминия 1,3% содержание ферротитана не должно превышать 0,3 %.

При содержаниях ферротитана менее 0,3 % содержание титана в металле шва менее 0,01 %. При содержании ферротитана более 3,3 % содержание титана в металле шва более 0,02 %, что приводит к существенному снижению вязкости и пластичности металла шва за счет сильного твердорастворного упрочнения металла шва.

Введение марганца и кремния необходимо для раскисления металла сварочной ванны и приданию металлу шва необходимых прочностных характеристик.

Содержание марганца, кремния и никеля в пределах 10...18 %; 1,8...6,4; 1,6...12,0 % обеспечивает высокие механические свойства металла шва.

Введение диоксида титана в пределах 25...56 % позволяет получить рутиловый шлак с наиболее лучшими технологическими свойствами при сварке швов во всех пространственных положениях. Добавки диоксида кремния в количестве 1,0...4,0 % улучшает отделимость шлаковой корки с поверхности шва, оксид алюминия 0,6...2,0 % обеспечивает мелкочешуйчатое формирование шва, что существенно улучшает внешний вид поверхности шва, а также способствует формированию плавного сопряжения шва с основным металлом и препятствует образованию подрезов.

Введение диоксида кремния менее 1,0 % приводит к получению тугоплавкого шлака и формированию усиленных угловых швов в вертикальном положении. При содержании диоксида кремния более 4,0 снижается температура плавления шлака, наблюдается отекание шлака и металла при выполнении швов в вертикальном и горизонтальном положениях.

Содержание в шихте диоксида кремния и фторсиликата натрия в указанных пределах позволяет получить устойчивый короткий шлак на поверхности сварочной ванны во всех пространственных положениях, что является необходимым условием формирования шва.

В таблице 1 приведены примеры проверенных на практике композиций шихты порошковых проволок, испытанных в лабораторных условиях. Опытные проволоки 1, 2, 3, 4, 5, 6 соответствуют предмету предлагаемого изобретения по количественному составу. Порошковые проволоки 1, 2, 3, 4 имели коэффициент заполнения 15 %, а проволоки 5, 6 с коэффициентом заполнения 25 %.

Порошковые проволоки 7, 8, 9, 10 выполнены с коэффициентом заполнения 15 ± 1 %, ингредиенты шихты которых взяты в соотношениях выходящих за пределы значений, предлагаемых в данном изобретении.

Для проверки сварочно-технологических свойств опытных порошковых проволок 1...10 применяли полуавтомат А547 с источником питания ВС-300 В. Сварку выполняли порошковыми проволоками Ø 1,2 и 1,8 мм в углекислом газе.

Стойкость против пор оценивали при сварке тавровых соединений, в процессе испытаний изменяли влажность углекислого газа, которую контролировали по точке росы.

Таблица 1

№№ опытной пров.	Ингредиенты шихты, % мас.												
	диоксид титана	Диоксид кремния	оксид алюми- ния	оксид калия	оксид натрия	Al- порошок	Na ₂ SiF ₆	Mg- порошок	Ферро- титан	марга- нец	кремний	никель	желез- ный порошок
1	25,0	1,0	0,6	0,1	0,9	0,4	2,0	0,6	3,3	18,0	6,4	1,6	40,1
2	40,0	4,4	1,6	0,3	0,4	0,9	2,6	1,0	2,0	16,0	5,1	12,4	13,3
3	52,0	3,0	1,8	0,4	0,2	0,6	4,5	1,6	0,6	14,0	3,3	8,4	9,4
4	66,0	2,0	2,0	0,2	0,6	1,3	3,0	1,3	0,3	10,0	1,8	5,8	5,7
5	25,0	1,0	0,6	0,1	0,6	0,4	2,0	0,6	3,3	17,4	6,4	1,6	41,0
6	46,0	4,0	2,0	0,4	0,9	1,3	4,5	0,6	0,3	17,6	6,4	12,0	4,0
7	23,0	0,6	0,5	0,1	1,0	0,4	1,8	0,6	3,5	19,0	6,6	1,4	41,3
8	24,0	0,9	0,4	0,07	0,9	0,3	2,0	0,5	3,3	18,0	6,4	1,6	41,63
9	61,0	4,0	2,0	0,3	0,20	1,5	4,5	2,3	0,25	9,5	1,7	10,0	2,75
10	67,0	0,66	2,3	0,46	0,16	1,3	5,0	2,0	0,30	9,5	1,7	6,4	3,0

Таблица 2

№№ опытной проволоки	Количество газовых пор на 100 мм/шва	Температура точки росы (°C), при которой в шве обнаружили газовые поры	Максимальный сварочный ток при сварке вертикальных швов, А	Примечание
1	2	-20	180	Мягкое, стабиль- ное горение, мяг- кая отделимость шлака
2	1	0	190	
3	нет	+20	210	
4	нет	+10	230	
5	2	-20	200	При большем то- ке металл течет Подрезы
7	нет	+5	260	
8	2	-20	130	
9	4	-35	140	
10	нет	+5	не формирует металл течет	
11	нет	+20	-"-	-"-

Таблица 3

Ударная вязкость металла шва, выполненного опытными проволоками

№№ опытной проволоки	KCV (дж/см ²) при t исп (°C)			
	+20	-20	-40	-60
1	130-150	80-90	50-70	35-60
2	150-180	110-100	70-80	45-60
3	140-170	107-95	65-78	40-52
4	190-210	130-140	80-100	50-70
5	135-150	75-80	56-70	38-42
6	150-160	78-94	62-79	42-50
7	75-80	35-45	15-10	-
8	125-160	75-90	56-68	29-40
9	130-160	60-70	35-40	20-30
10	90-110	60-80	40-45	25-30

