

Изобретение относится к варке и касается составов плавящихся флюсов, которые могут использоваться для механизированной сварки изделий из углеродистых и низколегированных сталей в различных областях машиностроения и строительстве.

Известен флюс марки АН-348-А [1], применяемый для механизированной дуговой, сварки изделий и углеродистых и низколегированных сталей, содержащий мас. %

Диоксид кремния	41-44
Оксид марганца (II)	34-38
Оксид кальция	не более 6,5
Оксид магния	5,0-7,5
Оксид алюминия	не более 4,5
Фторид кальция	4,0-5,5
Оксид железа (III)	не более 2.

Однако отсутствие в составе флюса оксидов калия и натрия снижает его стабилизирующие свойства и не позволяет применять его при сварке на переменном токе. Кроме того, при сварке флюсом АН-348-А высоки содержание мелкодисперсных включений (до 0,1 %) и концентрация серы и фосфора, что отрицательно сказывается на величине ударной вязкости, трещиностойкости и не позволяет использовать этот флюс для сварки конструкций, работающих в условиях Севера и при температуре ниже 30°C.

Известен также флюс для электродуговой сварки [2], содержащий (мас. %):

Диоксид кремния	42-46
Оксид марганца	35-40
Оксид кальция	3-11
Оксид магний	0,5 - 3,0
Оксид алюминия	1,5-5,5
Фторид кальция	2-4
Сумма оксидов натрия и калия	0,5-2,0
Оксид железа (III)	не более

при основности, подсчитанной по формуле

$$B = \frac{N\text{CaO} + 0,6N\text{MgO} + 0,5N\text{CaF}_2 + 0,5N\text{MnO}}{N\text{SiO}_2 + 0,5N\text{Al}_2\text{O}_3}$$

где N - мольная доля соединения, равной 0,4-0,75.

Причиной, которая препятствует получению необходимого технического результата, является высокая кислотность флюса. Последняя обуславливает интенсивный переход кремния из флюса-шлака, засорение металла шва оксидными силикатными включениями, что отрицательно сказывается на величине ударной вязкости, особенно при отрицательных температурах. Так, например, в соответствии с требованиями ОСТ 2556-291-87 "сосуды и аппараты стальные сварочные", ударная вязкость металла шва при температуре испытаний -70°C должна быть не менее 28 Дж/см. Проведенные испытания показали, что флюс-прототип указанным требованиям не соответствует.

Кроме того, из-за недостаточной окислительной способности флюса нельзя добиться снижения содержания серы в наплавленном металле, что в случае применения сварочных проволок с повышенным содержанием серы может вызвать образование горячих трещин.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является создание такого состава флюса, который благодаря добавлению новых и изменению содержания известных ингредиентов, позволил бы повысить качество металла шва при сварке углеродистых и низколегированных сталей. Поставленная задача решается тем, что флюс, содержащий диоксид кремния, оксиды марганца (II), кальция, магния, алюминия, калия, натрия, железа (III) и фторид кальция, в соответствии с заявленным изобретением дополнительно содержит оксиды марганца (III и IV) при следующих соотношениях ингредиентов (мас. %):

Диоксид кремния	35 - 45
Оксид марганца (II)	25-40
Оксид кальция	8-18
Оксид магния	1-8
Оксид алюминия	1-8
Фторид кальция	2-8
Сумма оксидов натрия и калия	0,5-3,0
Оксид железа (III)	0,5-2,5
Сумма оксидов марганца (III и IV)	0,2 - 4,0

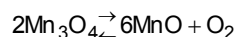
при этом сумма оксидов железа (III) и марганца (III и IV) должна составлять 1-5 мас.% и при значениях этой суммы до 2,5 мас. % содержание оксида марганца (IV) должно составлять не менее 50% общего количества оксидов марганца (III и IV), а основность флюса должна отвечать следующему соотношению:

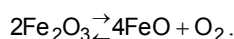
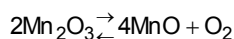
$$B = \frac{N\text{CaO} + 0,6N\text{MgO} + 0,5N\text{CaF}_2 + 0,5N\text{MnO}}{N\text{SiO}_2 + 0,5N\text{Al}_2\text{O}_3} =$$

$$= 0,76 - 0,95$$

где N - мольные доли соединений.

Введение оксидов марганца (III и IV) при содержании оксида марганца (IV) не менее 50% от из общего количества в совокупности с оксидом железа (Ж) вызывает рост концентрации свободного кислорода как в атмосфере сварочной дуги, так и на межфазной границе за счет их диссоциации по реакциям





1-воодный кислород окисляет серу ($\text{O}_2 + \text{S} \xrightarrow{\leftarrow} \text{SO}_2$), что способствует уменьшению концентрации легкоплавкой эвтектики FeS, разупрочняющей границы зерен кристаллизующегося металла.

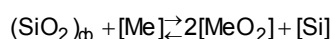
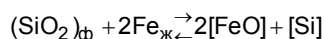
Склонность металла шва к образованию горячих трещин оценивают по допустимой скорости деформации при различных температурах нагрева по методике НПО ЦНИИТМАШ.

При содержании оксидов марганца (III) и (IV) менее 0,2 мас. %, содержании оксида марганца (IV) менее 50% от их общего количества и их суммы с оксидом железа (III) менее 1,0 мас. % флюс теряет окислительную способность, позволяющую обеспечивать окисление серы и снижать ее концентрацию в металле шва по сравнению с содержанием в сварочной проволоке.

При содержании оксидов марганца (III и IV) более 4 мас.% и их суммы с оксидом железа (III) более 5 мас. % происходит чрезмерное повышение концентрации кислорода в металле шва, что отрицательно сказывается как на стойкости к образованию горячих трещин, так и на величине ударной вязкости металла шва.

При концентрации диоксида кремния ниже 35 мас. % ухудшаются формирующие свойства флюса, особенно при сварке угловых (пристеночных) швов. В дополнение к этому возрастает склонность флюса к гидратации, а следовательно, склонность к образованию пор наплавленного металла.

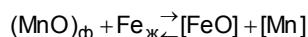
При концентрации диоксида кремния больше 45 мас. % весьма интенсивно протекают кремнийвосстановительные процессы по реакциям:



где Me - легирующие элементы стали.

Следствием протекания этих реакций является не только чрезмерное возрастание концентрации кремния в металле шва, но и засорение последнего мелкодисперсными включениями кварца. Это приводит к падению пластичности и ударной вязкости металла шва.

Присутствие оксида марганца (II) в заявляемых пределах обеспечивает получение плавной температурной зависимости вязкости, влияющей на укрывающую способность шлака. Дополнительно оксид марганца (I) взаимодействует с жидким металлом в сварочной ванне по реакции:



Оксид марганца (II), как и SiO_2 , создает мелкодисперсные оксидные включения в металле шва, которые, соединяясь с мелкодисперсными включениями кварца, коагулируют, имея пониженную температуру плавления, и лучше удаляются из металлической сварочной ванны, очищая металл шва. Кроме того, на таких включениях с пониженной температурой плавления конденсируются сера и фосфор, что повышает стойкость металла шва как к образованию горячих трещин, так и к хладоломкости.

При концентрации ниже 25 мас. % оксид марганца (II) не влияет эффективно как на физические характеристики шлака в температурном интервале сварки, так и на процесс очищения металла шва от неметаллических включений, в том числе серы и фосфора.

С увеличением концентрации оксида марганца (II) сверх 40 мас. % жидкотекучесть флюса в расплавленном состоянии увеличивается, в результате чего ухудшается укрывающая способность шлака, особенно при сварке угловых (пристеночных) швов.

Оксид кальция, являясь поверхностно-активным компонентом в составе флюса, способствует улучшению формирования сварного шва, в частности получению плавного перехода от краев шва к основному металлу, без крутых кромок, являющихся нишами для залегания шлаковых включений. Он также способствует образованию шва с вогнутым мениском при сварке угловых швов, особенно при сварке в горизонтальном положении. Обладая повышенным средством к сере и фосфору, оксид кальция улучшает металлургические свойства флюса, способствуя повышению чистоты металла по сере и фосфору.

При снижении концентрации оксида кальция ниже 8 мас. % его воздействие на формирование шва, а также его металлургическая активность в отношении примесей серы и фосфора снижаются.

Увеличение содержания оксида кальция сверх 18 мас. % отрицательно сказывается на стойкости флюса к гидратации и требует повышения температуры прокалики флюса перед сваркой пропорционально увеличению концентрации оксида кальция в его составе. Кроме того, возрастает жидкотекучесть шлака в расплавленном состоянии, что отрицательно влияет на его укрывающую способность.

Оксид магния, являясь термически стойким и тугоплавким компонентом, придает флюсу высокую температуру размягчения и повышает коэффициент теплового расширения его шлаковой корки, препятствуя тем самым ее механическому удержанию на поверхности шва, т.е. способствует удалению поверхности шлака с металла шва.

При содержании оксида магния меньше 1 мас. % уменьшается коэффициент термического расширения шлака при 20-600°C и ухудшается удаление шлака с поверхности металла шва. При этом возрастает температурный интервал размягчения шлака, что также отрицательно сказывается на отделимости шлаковой корки.

Введение сверх 8 мас. % оксида магния отрицательно воздействует на стойкость флюса к гидратации и требует повышения температуры прокалики флюса перед сваркой пропорционально увеличению концентрации оксида магния в его составе. Это связано с тем, что частично замещая в кремнеалюмооксидородных каркасных анионах оксид кальция, оксид магния способствует повышению его

активности, в результате чего возрастает сродство флюса к поглощению влаги в процессе мокрой грануляции.

Присутствие оксида алюминия в заявляемых пределах способствует получению плавной температурной зависимости вязкости флюса в расплавленном состоянии. Он снижает межфазное натяжение между жидкими флюсом-шлаком и металлом, в результате чего поверхность сварных швов гладкая, без "ряби". При снижении содержания оксида алюминия (меньше 1 мас. %) его влияние на величину межфазного натяжения не проявляется, и сварные швы имеют неровную поверхность.

С увеличением концентрации оксида алюминия (больше 8 мас. %) ухудшается отделимость шлаковой корки. Относительная масса ее возрастает, и она легче заклинивается в разделке кромок.

Фторид кальция в указанных пределах повышает стойкость флюса к образованию пор в сварных швах. Взаимодействуя с парами воды, фторид кальция препятствует насыщению металла водородом.

Снижение концентрации фторида кальция (меньше 2 мас. %) приводит к снижению стойкости жидкого металла к образованию пор при кристаллизации.

Увеличение содержания фторида кальция улучшает промывающую способность шлака по отношению к жидкому металлу и приводит не только к активной коагуляции неметаллических включений, но и к захватыванию их шлаком и удалению из сварочной ванны. Это благоприятно сказывается на повышении пластичности и ударной вязкости металла шва.

Однако при больших концентрациях диоксида кремния во флюсе и содержании более 8 мас.% фторида кальция флюс становится токсичным, поскольку образуется большое количество ядовитых паров фторида кремния.

Введение смеси оксидов калия и натрия в указанных пределах способствует повышению устойчивости горения дуги, что позволяет вести сварку как на постоянном, так и на переменном токе, в том числе при низком направлении на дуге (27-30 В). При указанных значениях напряжения обеспечивается повышенная интенсивность кремне- и марганцевовосстановительного процесса и, следовательно, повышаются ударная вязкость и пластичность металла шва, что особенно важно при сварке конструкций и углеродистых и низколегированных сталей, предназначенных для работы при отрицательных температурах и в условиях Севера.

Снижение содержания смеси оксидов калия и натрия (меньше 0,5 мас. %) приводит к ухудшению сварочно-технологических свойств флюса в результате понижения стабильности горения дуги, особенно на переменном токе.

Увеличение концентрации оксидов калия и натрия сверх 3 мас.% снижает стойкость флюса к образованию пор в направляемом металле, требует применения повышенных температур его проковки в результате повышения гигроскопичности флюса.

$$\text{Соблюдение требования к основности флюса } B = \frac{N\text{CaO} + 0,6N\text{MgO} + 0,5N\text{CaF}_2 + 0,5N\text{MnO}}{N\text{SiO}_2 + 0,5N\text{Al}_2\text{O}_3} = 0,76 - 0,95$$

обеспечивает стойкость флюса к гидратации и образованию "побитости" на поверхности металла шва. Когда указанное соотношение больше 0,95, то для уменьшения гидратации флюса требуется повышенная температура его проковки после выплавки и грануляции и тем большая, чем выше указанное соотношение. Содержание влаги во флюсе после установленной для флюсов данного типа проковки превышает предельно допустимую концентрацию 0,1 %.

Когда соотношение меньше 0,76, интенсифицируется кремневовосстановительный процесс, вызывающий увеличение содержания окисных включений в наплавленном металле и, как следствие, снижение пластических свойств сварных соединений.

Пример. Выплавляют флюсы в газопламенной печи с регулируемым составом газовой атмосферы, что позволяет регулировать степень восстановления марганца из марганцевой руды и достигать заданного содержания оксидов марганца (III, IV) и железа. После грануляции расплавов в воде флюсы прокаливают при 400°C в течение 2 ч. В таблице приведен состав флюсов. Содержание влаги во флюсе определяют по потере массы по ГОСТ 0087-81.

Флюсы испытывают при многослойной сварке стали марки 09Г2С проволокой марки Св-10Г2. В таблице приведены содержание серы в наплавленном металле и значения ударной вязкости металла шва.

Образцы типа ИМЕТ-1 из металла шва использованы для определения склонности к образованию горячих трещин. Полученные данные представлены на чертеже, где заштрихованная область характеризует составы, склонные к образованию трещин.

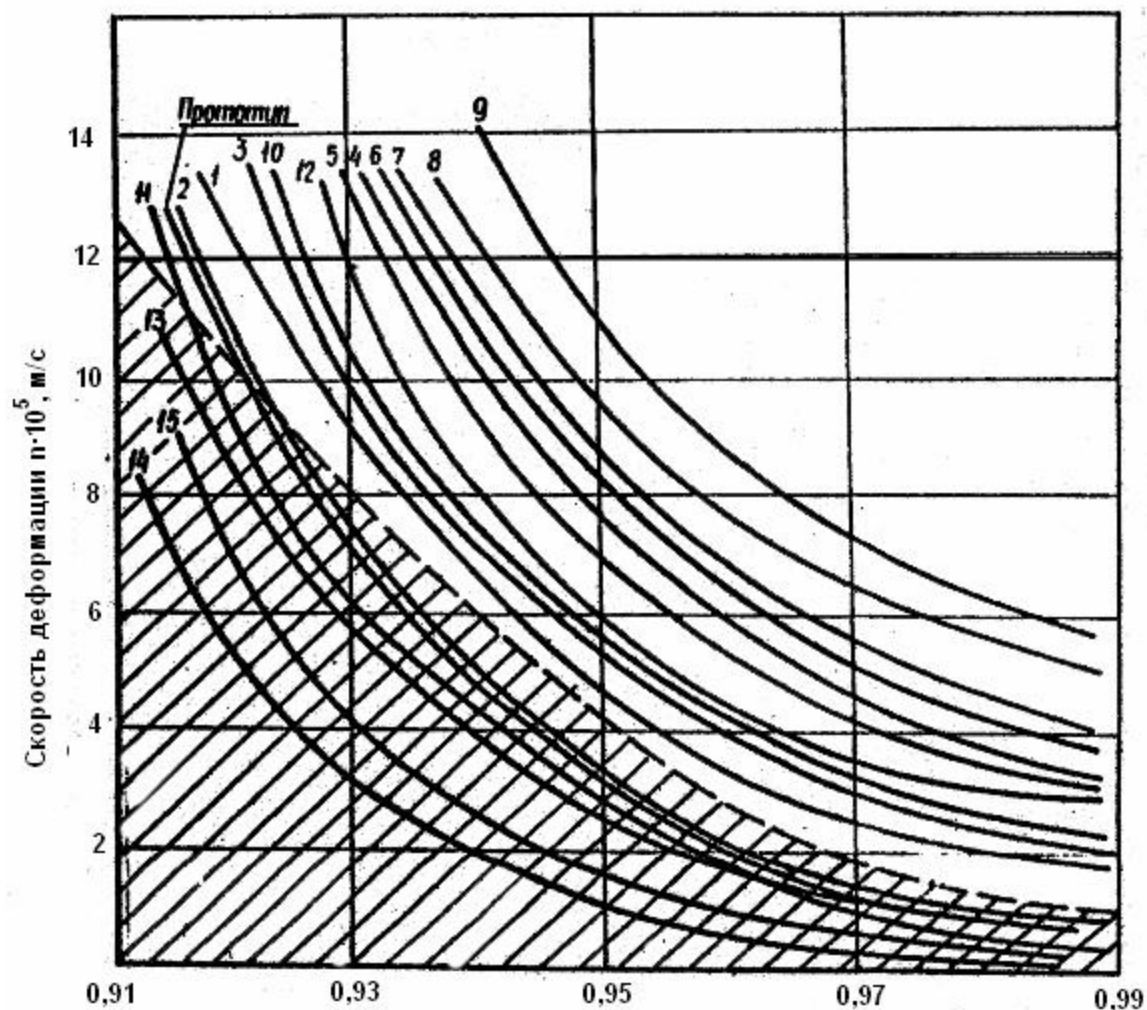
Предлагаемый флюс прошел промышленные испытания, он обеспечивает высокое качество получаемых сварных соединений.

Номер флюса	Химический состав флюса, мас. %									
	диоксид кремния	оксид марганца (II)	оксид кальция	оксид магния	оксид алюминия	фторид кальция	Сумма оксидов натрия и калия	Оксид железа (III)	Оксиды марганца (III и IV)	Оксид титана (II и III)
Прототип	44	36	7	1	3	3	1	1	-	4
1	45	25	18	2	1	7,5	0,5	0,5	0,5	-
2	45	25	18	2	1	7,5	0,5	0,5	0,5	-
3	45	25	18	2	Т	7,5	0,5	0,5	0,5	-
4	35	40	8	1	2,3	8	3	2,5	0,2	-
5	35	40	8	1	2,3	8	3	2,5	0,2	-
•	35	40	8	1	2,3	8	3	2,5	0,2	-
7	3S	V	14	8	8	2	1	4	1	-
8	35	27	14	8	2	1	4	1	-	-
9	35	27	14	8	8	2	1	4	1	-

10	35	33	13	5	4	4,5	3	1	1,5	-
11	35	33	13	5	4	4,5	3	1	1,5	-
12	35	33	13	5	4	4,5	3	1	1,5	-
13	33	41	5	9	1	9	1	0,5	0,5	-
14	40	30	18	3	2	7	1,2	0,5	0,3	-
15	40	30	14	3	2	3	2	2,5	3,5	-

Продолжение таблицы

Номер флюса	Соотношение оксид марганца (III):оксид марганца (IV)	Сумма оксидов Железа (III) и марганца (III и IV)	Основность флюса	Содержание серы в металле шва, %	Ударная вязкость при -70°C, Дж/см ²	Содержание влаги во флюсе, %
Прототип	-	1	0,54	0,041	18	0,05
1	50:50	1	0,76	0,039	29	0,06
2	60:40	1	0,76	0,041	19	0,06
3	40:60	1	0,76	0,036	32	0,06
4	50:50	2,7	0,84	0,028	35	0,08
5	60:40	2,7	0,84	0,030	28	0,08
8	40:60	2,7	0,84	0,026	39	0,08
7	50:50	5	0,95	0,021	44	0,09
8	60:40	5	0,96	0,024	41	0,09
9	40:60	5	0,95	0,020	46	0,09
10	50:50	2,5	0,94	0,037	33	0,07
11	60:40	2,5	0,94	0,041	18	0,07
12	40:60	2,5	0,94	0,035	27	0,07
13	50:50	1	0,98	0,040	52	0,12
14	50:50	0,8	0,85	0,042	33	0,07
15	50:50	6	0,82	0,020	21	0,07



Максимальная температура нагрева в долях от температуры верхней границы интервала верхней границы интервала хрупкости.