



УДК 621.791.753.5.048

АГЛОМЕРИРОВАННЫЕ ФЛЮСЫ — НОВАЯ ПРОДУКЦИЯ ОАО «ЗАПОРОЖСТЕКЛОФЛЮС»

В. В. ГОЛОВКО, д-р техн. наук, **В. И. ГАЛИНИЧ**, **И. А. ГОНЧАРОВ**, кандидаты техн. наук
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),
Н. Я. ОСИПОВ, **В. И. НЕТЯГА**, **Н. Н. ОЛЕЙНИК**, инженеры (ОАО «Запорожстеклофлюс»)

Рассмотрены достоинства и недостатки применения плавленных и агломерированных флюсов при дуговой сварке. Отмечены особенности новой синергетической технологии изготовления агломерированных флюсов в г. Запорожье.

Ключевые слова: дуговая сварка, высокопрочные низколегированные стали, агломерированный флюс, производство труб, технология изготовления флюса, свойства сварных соединений

При изготовлении сварных конструкций, аппаратов, изделий стали остаются самым распространенным конструкционным материалом, однако в последние годы в отечественной промышленности заметно изменилась их номенклатура. Если раньше большинство сварных швов выполняли на низкоуглеродистых сталях, а из низколегированных наибольшее распространение имели стали марок 09Г2С и 10ХСНД ($\sigma_B = 400...550$ МПа), то в настоящее время наблюдается постоянное увеличение объемов потребления высокопрочных низколегированных (ВПНЛ) сталей ($\sigma_B \geq 620$ МПа). Они отличаются не только повышенными прочностными характеристиками, но и более высокой вязкостью, пластичностью в результате снижения содержания вредных примесей, микролегирования и применения специальных режимов термомеханической обработки.

Новое поколение сталей потребовало новых сварочных материалов. Так, например, в ходе первых же работ по освоению технологии изготовления сварных конструкций из ВПНЛ сталей было установлено, что плавленные флюсы марганец-силикатного типа (АН-348А, ОСЦ-45, АН-60), которые имели до настоящего времени наиболее широкое применение, не в состоянии обеспечить возможность получения металла швов, близких по своим характеристикам к свойствам основного металла. Флюсы этих марок вытесняются из производства агломерированными флюсами алюминатно-основного или алюминатно-рутилового типов, так как они, как правило, имеют более высокую основность по сравнению с марганец-силикатными флюсами. Но, с другой стороны, почему на замену им не приходят плавленные флюсы более высокой основности? Для ответа на этот вопрос требуется более детально разобраться в

особенностях сварки под агломерированными флюсами.

Различия в технологии изготовления определяют преимущества и недостатки каждого из двух основных видов сварочных флюсов — плавленных и неплавленных. Плавленные флюсы в процессе изготовления доводятся до состояния плавления в газопламенных или электродуговых печах с последующей термической и механической обработкой полученного материала. Неплавленные (агломерированные или керамические) флюсы в процессе изготовления не подвергаются термической обработке при температурах, равных или превышающих температуру плавления смеси шихтовых компонентов.

Плавленные флюсы отличаются высокой однородностью состава зерен, повышенной стойкостью к истиранию и низкой склонностью к сорбированию влаги в процессе транспортирования, хранения и использования, но имеют ограниченные возможности влияния на металлургические процессы в зоне горения сварочной дуги и в сварочной ванне.

По сравнению с плавными неплавные флюсы характеризуются более широкими возможностями влияния на развитие металлургических процессов при дуговой сварке под флюсом, но имеют два существенных недостатка: повышенную склонность к истиранию и высокую склонность к сорбированию влаги из окружающего воздуха.

Указанные недостатки неплавных флюсов определяются тем, что соединение отдельных шихтовых компонентов в зернах флюса происходит за счет адгезионных свойств специальных связующих веществ, механические свойства и способность к сорбированию атмосферной влаги которых существенно отличаются от плавных продуктов.

В случае сварки под агломерированным флюсом содержание кислорода в зоне горения дуги, при прочих равных условиях, выше по сравнению

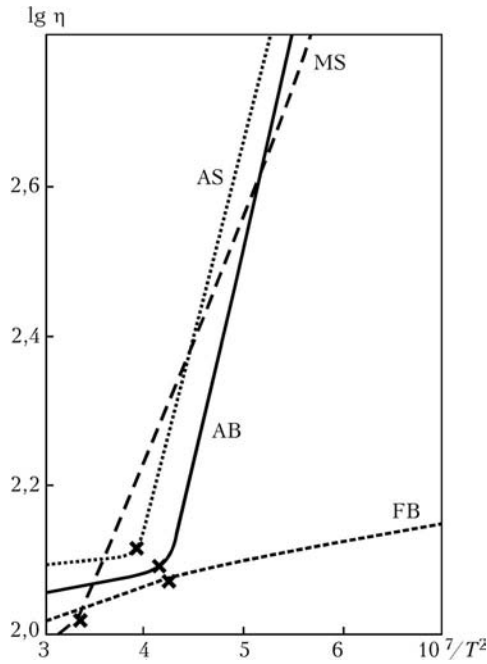


Рис. 1. Температурная зависимость вязкости флюсов

с плавным флюсом, что обусловлено отсутствием процесса плавления шихтовых компонентов при изготовлении флюса. Кроме того, наличие сухого остатка жидкостекольной связки в составе агломерированного флюса способствует увеличению стабильности горения сварочной дуги и ее удлинению, в результате время пребывания капля электродного металла в газовой фазе возрастает. При этом содержание кислорода в металле капля может значительно превышать максимальную его растворимость в железе. Повышение содержания в расплавленном металле такого поверхностно-активного элемента, как кислород способствует изменению направления движения потоков металла в ванне от центробежного к центростремительному, что вызывает изменение формы металла шва [1]. Практика применения агломерированных флюсов показала, что при сварке под ними глубина проплавления основного металла примерно на 20 % выше, чем в случае использования плавных флюсов, что позволяет снизить погонную энергию процесса. Переход при сварке труб большого диаметра в заводских условиях с плавных флюсов на агломерированные позволил снизить на 25...30 % ширину швов и соответственно расход сварочной проволоки.

Состав шлаков агломерированных флюсов, как правило, отличается от эвтектического, характерного для плавных флюсов, поэтому они характеризуются более высокой температурой плавления и более высокой скоростью нарастания вязкости при снижении температуры. Данные, приведенные на рис. 1, показывают, что по своей способности к формированию сварного шва агломерированные флюсы алюминатно-основного

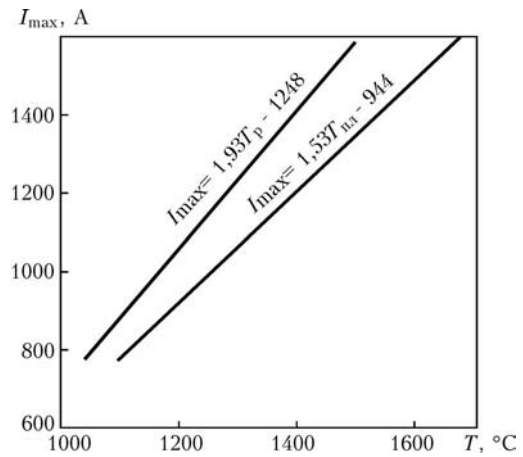


Рис. 2. Зависимость допустимой токовой нагрузки от температур размягчения и плавления сварочных флюсов [2]

(AB) типа близки к плавным флюсам марганец-силикатного (MS) и алюминатно-силикатного (AS) типов, при этом по показателю основности они находятся на одном уровне с плавными флюсами флюоритно-основного (FB) типа.

Температуры размягчения и плавления флюсов определяют еще одну важную характеристику — допустимую токовую нагрузку (допустимую плотность тока в сварочном электроде). Этот показатель самым непосредственным образом влияет на производительность процесса, его эффективность, возможность использования многодуговой сварки. При повышении сварочного тока увеличивается давление дуги, поэтому для сохранения шлаковой каверны вокруг зоны горения дуги требуется обеспечить определенные характеристики флюса: насыпную массу, температурную зависимость вязкости шлакового расплава и толщину стенок шлаковой каверны. Первая из этих величин определяется гранулометрическим составом флюса и не зависит от температуры. Вторая была рассмотрена выше, а третья определяется температурами размягчения T_p и плавления флюсов $T_{пл}$. На рис. 2 показана экспериментально установленная зависимость допустимой токовой нагрузки от T_p и $T_{пл}$.

Повышенная температура плавления агломерированного флюса способствует уменьшению его расхода на образование шлаковой корки и он ниже на 15...20 %, чем у плавных флюсов. Соответственно снижается и выделение сварочного аэрозоля.

Отсутствие процессов плавления в технологии изготовления агломерированных флюсов предопределяет, во-первых, более высокий их кислородный потенциал по сравнению с плавными флюсами и, во-вторых, гетерогенность (присутствие кристаллической и стекловидной фаз) шлака. При этом следует отметить, что, если при использовании плавных флюсов их окислительная способность связывается преимущественно с содер-

Результаты оценки гигиенических характеристик содержания токсических веществ в сварочном аэрозоле, выделяющихся при сварке под флюсом

Марка флюса	Валовые выделения аэрозоля, мг/мин	Фториды, %		Бифториды, % (II)	Соединения марганца, % (II)
		растворимые (II)	нерастворимые (III)		
АНКС-28	11,8	12,5	2,1	—	4,4
АН-60	13,5	19,0	1,3	11,4	7,6
АН-348А	15,8	17,1	2,5	12,3	11,5

Примечание. В скобках указан класс опасности: II — вещества высокоопасные; III — умеренно опасные.

жанием кремнезема (флюсы CS, MS, ZS, RS, AS типов), то агломерированные флюсы способны обеспечить требуемый уровень кислородного потенциала в результате введения в их состав высших оксидов металлов, карбонатов или других легкодиссоциирующих компонентов. Использование отмеченных ингредиентов при формировании состава агломерированных флюсов создает возможность обеспечения хорошей отделимости шлаковой корки с поверхности металла шва при сварке под флюсами повышенной основности [3].

В настоящее время областью наиболее широкого применения сварочных флюсов является изготовление труб большого диаметра. В связи с переходом трубосварочных заводов Украины и России на выпуск труб из ВПНЛ сталей возросли объемы потребления агломерированных флюсов алюминатно-основного или алюминатно-рутилового типов, поставляемых зарубежными изготовителями сварочных материалов (ОР 132, ОР 192, ОК.10.74 и др.). Производство сварочных флюсов в Челябинске, Запорожье, Никополе, Новомосковске имеет более чем 50-летнюю историю и, вполне естественно, такой опыт должен быть использован при дальнейшем совершенствовании имеющихся на этих заводах технологий. Неудивительно, что именно на Челябинском трубопрокатном заводе появилась первая в России технологическая линия производства агломерированных флюсов, продукция которой ориентирована, в первую очередь, на собственное трубное производство. Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий (ЗЗСФС) в свое время создавался и остается до настоящего времени самым крупным производи-

телем сварочных флюсов в Европе. Работники этого предприятия имеют многолетние устоявшиеся связи с потребителями своей продукции, производят постоянный мониторинг рынка. Руководством ЗЗСФС было принято решение об организации на собственных площадях участка по изготовлению высококачественных агломерированных флюсов производительностью 4 тыс. т в год.

В ходе обсуждения со специалистами ИЭС им. Е. О. Патона различных технологий изготовления сварочных флюсов были детально рассмотрены все достоинства и недостатки как газопламенного и электродугового процессов, так и агломерирования. В результате появилась идея создания процесса, который позволяет объединить преимущества, присущие технологии производства плавящихся флюсов, с таковыми, но характерными для технологии изготовления агломерированных флюсов (так называемый синергетический эффект).

Известно, что плавящиеся флюсы характеризуются высокой стойкостью против разрушения зерен в процессе транспортирования, хранения и использования, а также низкой склонностью к сорбированию атмосферной влаги. В то же время сварка под агломерированными флюсами в результате более высокой их металлургической активности обеспечивает повышенное содержание марганца, снижение содержания кремния в наплавленном металле, а также улучшение сварочно-технологических свойств в сравнении с плавящимися флюсами сопоставимого состава. Объединение трех технологий изготовления флюсов (газопламенной и электродуговой плавки, а также агломерирования) в одном процессе позволило существенно повысить качество конечного продукта вследствие синергетического эффекта от объединения преимуществ каждой из них.

Введение в состав шихты частиц плавящихся шлаков позволило снизить склонность гранул (зерен) флюса к механическому разрушению в процессе транспортирования, хранения и использования, а также уменьшить склонность флюсов к сорбированию атмосферной влаги, а технология агломерирования флюсов на заключительном этапе их изготовления разрешает обеспечить разви-

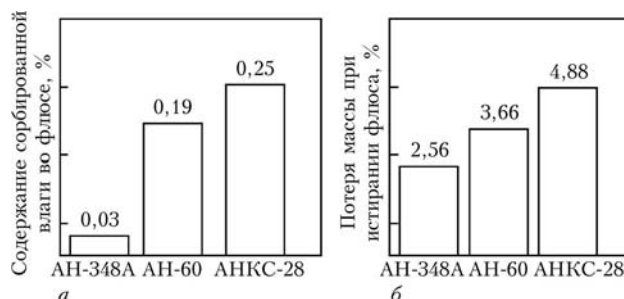


Рис. 3. Склонность флюсов к сорбированию влаги из окружающего воздуха (а) и к истиранию во флюсоотсосах (б)

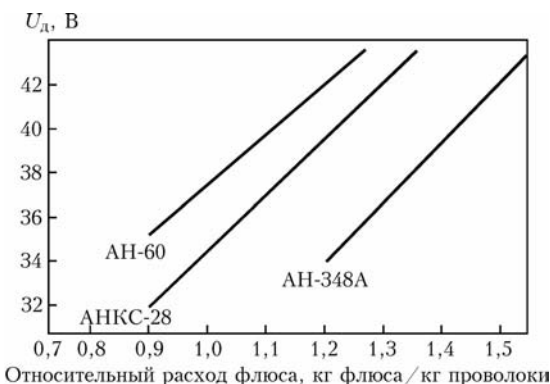


Рис. 4. Относительный расход флюсов при сварке проволокой \varnothing 4 мм

тие металлургических процессов, характерное для неплавленных флюсов.

В настоящее время ЗЗСФС освоил промышленное производство агломерированных флюсов типа АНКС с использованием синергетической технологии их изготовления. В таблице и на рис. 3–5 приведены результаты сопоставления агломерированного флюса АНКС-28, изготовленного по синергетической технологии, с плавными флюсами АН-348А и АН-60.

В таблице приведены данные, полученные в ходе испытаний, которые выполнены ИЭС им. Е. О. Патона и ЗЗСФС совместно с Институтом медицины труда АМН Украины. Для определения склонности к сорбированию влаги из окружающего воздуха навески флюсов после просушки выдерживали в течение семи суток в эксикаторе с относительной влажностью 78,8 % при температуре 20 °С. Склонность гранул флюса к истиранию при транспортировании по флюсоотсосу определяли по методике ИЭС им. Е. О. Патона [4]. Образцы наплавленного металла для определения ударной вязкости получали при однодуговой сварке проволокой марки Св-07Г1НМА диаметром 4 мм. В ходе этих испытаний измеряли также относительный расход флюсов.

Приведенные данные показывают, что по своим эксплуатационным характеристикам (склонность к сорбированию влаги, стойкость против

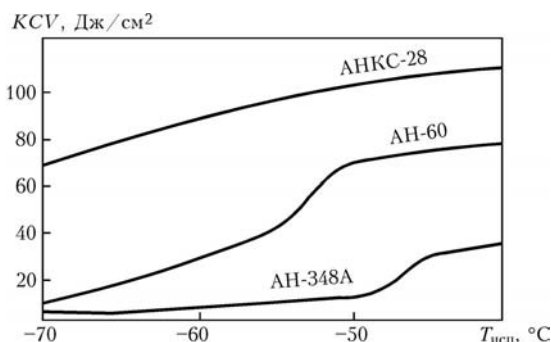


Рис. 5. Ударная вязкость наплавленного металла при сварке проволоки Св-07Г1НМА \varnothing 5 мм под разными флюсами

истирания, относительный расход) агломерированный флюс АНКС-28 близок к плавному флюсу АН-60, а по санитарно-гигиеническим показателям имеет заметные преимущества по сравнению с плавными флюсами. Флюс АНКС-28 обеспечивает ударную вязкость наплавленного металла свыше 60 Дж/см² при температурах испытания до -70 °С.

Учитывая приведенные результаты, а также то, что себестоимость изготовления флюсов по синергетической технологии ниже по сравнению с флюсами, которые изготавливаются с использованием методов плавления, ЗЗСФС совместно с ИЭС им. Е. О. Патона рекомендуют потребителям флюс нового поколения АНКС-28 в качестве достойной замены флюсов АН-348А и АН-60.

1. Головка В. В. Влияние физико-химических свойств флюса на движение жидкого металла в сварочной ванне // Автомат. сварка. — 1994. — № 9/10. — С. 20–23.
2. Davis M. L. E., Bailey N. Have we the right ideas about fluxes? // Trends in steel and consumables for welding — an international conference, London 14–16 Nov., 1978. — Abington. — 1979. — VI. — P. 231–247.
3. Исследование отделимости шлаковой корки при сварке под керамическими флюсами алюминатного типа / И. К. Походня, В. В. Головка, Д. М. Кушнерев // Тез. докл. Всесоюз. конф. по сварочным материалам, 10–14 окт. 1983 г. Череповец. — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1983. — С. 30–31.
4. Кушнерев Д. М., Головка В. В. Способ количественной оценки стойкости гранул флюса против истирания // Информ. материалы СЭВ по проблеме «Сварка». — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона. — 1984. — № 1. — С. 76–77.

The advantages and disadvantages of application of fused and agglomerated fluxes for arc welding are considered. The features of the new synthesized technology of manufacturing agglomerated fluxes in the city of Zaporozhzhje are noted. It is shown that as to their performance they are close to AN-60 fused flux, and are superior to the latter as to their sanitary-hygienic parameters.

Поступила в редакцию 18.07.2008