

## СНИЖЕНИЕ ГИДРОФИЛЬНЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ

**Бондарев С. В.**

Исследовалось влияние толщины защитного полимерного покрытия электродов для ручной дуговой сварки на содержание диффузионного водорода в наплавленном металле. Установлено, при толщине защитного слоя более 60 мкм происходит насыщение металла шва водородом и возникает пористость. С целью предотвращения повышения содержания водорода в состав полимерной композиции вводится экзотермическая смесь. В результате проведенных исследований было выбрано состав и концентрацию экзотермической смеси, введение которой в состав защитного покрытия в момент возбуждения дуги провоцирует выгорание полимерного слоя до начала плавления соответствующего участка электродного покрытия. Это позволяет избежать попадания в зону сварки продуктов распада полимера, способствующих насыщению металла шва водородом и приводящих к возникновению пористости.

Досліджувався вплив товщини захисного полімерного покриття електродів для ручного дугового зварювання на зміст дифузійного водню в наплавленому металі. Установлено, при товщині захисного шару більш 60 мкм відбувається насичення металу шва воднем і виникає пористість. З метою запобігання підвищення змісту водню до складу полімерної композиції вводиться екзотермічна суміш. В результаті проведених досліджень було обрано склад і концентрацію екзотермічної суміші, введення якої до складу захисного покриття в момент збудження дуги провокує вигорання полімерного шару, до початку плавлення відповідної ділянки електродного покриття. Це дозволяє уникнути попадання в зону зварювання продуктів розпаду полімеру, які сприяють насиченню металу шва воднем і призводить до виникнення пористості.

The influence of a protective polymeric covering thickness of electrodes for manual arc welding on the diffusion hydrogen contents in a welded seam metal was investigated. It is established, at thickness of a blanket more than 60 microns occur saturation of a seam metal by hydrogen and arises porosity. With the purpose of prevention of the hydrogen contents increase in structure of a polymeric composition the exothermic mix is entered. The studies was chosen exothermic composition and concentration of the mixture, wherein the introduction of the protective coating at the time of burning arc excitation provokes polymer layer corresponding to the onset of melting of the electrode coating portion. This avoids the ingress into the zone of welding of polymer degradation products, contributing to saturation, and the weld metal hydrogens leads to occurrence of porosity.

Бондарев С. В.

канд. техн. наук, ст преп.  
каф. ОиТСП ДГМА  
sp@dgma.donetsk.ua

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.791.75

**Бондарев С. В.**

## **СНИЖЕНИЕ ГИДРОФИЛЬНЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ**

В сварочном производстве до сих пор остается нерешенной проблема сохранения качества покрытых электродов в процессе их хранения. Покрытие электродов представляет собой капиллярно-пористое тело, имеющее высокие гидрофильные свойства, что приводит к интенсивному влагообмену с окружающей средой [1]. Вследствие этого покрытие увлажняется и резко ухудшаются сварочно-технологические свойства электродов, так как основным источником наводораживания металла при сварке является влага электродных покрытий [2].

Для повышения эксплуатационных свойств покрытых электродов был предложен способ их изготовления [3], при котором производят погружение прокаленных электродов на 1–2 с в емкость с малополярными мономерами винильного или алкильного ряда и перекисным инициатором с их последующей термообработкой при температуре полимеризации малополярных мономеров. Покрытые электроды, изготовленные по данному способу, за счет образования после термообработки (полимеризации) тонкой влагостойкой пленки, защищены от капиллярного подсоса влаги из атмосферы независимо от условий и длительности хранения электродов.

Как показали дальнейшие исследования [4], для обеспечения эффективной защиты при 100%-ой влажности необходимо наносить не менее 5 слоев защитной композиции. Причиной этого являются большие неровности на поверхности покрытия электродов, которые являясь концентраторами напряжений в процессе полимеризации провоцируют разрушение пленки. Таким образом нанесение первых слоев необходимо для «залечивания» поверхностных дефектов электродного покрытия. Общая толщина защитного слоя при этом увеличивается до 200-250 мкм.

Однако многослойные защитные пленки, нанесенные на электродное покрытие, являются его органической составляющей. В процессе сварки происходит термодеструкция полимерной пленки на участке прилегающем к оплавленному торцу электрода и продукты реакции (водорода, пары воды) попадают в зону дуги, что приведет к насыщению металла сварочной ванны водородом и возникновению пористости.

С целью изучения влияния толщины покрытия на содержание водорода в металле шва был проведен ряд испытаний. Исследования проводились на тавровых пробах (ГОСТ 3242-69) из стали Ст3. в местах сварки поверхность металла зачищали до металлического блеска. Общая толщина пленки изменялась от 10 мкм до 140 мкм. Зависимость содержания водорода от толщины пленки приведена на рис. 1.

Как следует из полученной зависимости, толщина защитного слоя не должна превышать 60-70 мкм, так как содержание диффузионного водорода может превысить  $5 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ , которое является критическим для низкоуглеродистых и низколегированных сталей. На рис. 2 показаны фотографии швов, полученных электродами с различным количеством слоев полимерного слоя. Видно, что нанесение более двух слоев защитной композиции (общая толщина 75-80 мкм) приводит к появлению цепочки мелких пор (рис. 2, б), а дальнейшее увеличение количества слоев к возникновению средних и крупных пор (рис. 2, в, г).

Одним из вариантов решения данной проблемы при большой толщине защитного слоя может быть введение в состав полимерной композиции экзотермической смеси. При возбуждении дуги в начале сварки будет инициироваться экзотермическая реакция с выделением дополнительного тепла, способствующая выгоранию защитного слоя до начала плавления соответствующего участка электродного покрытия.

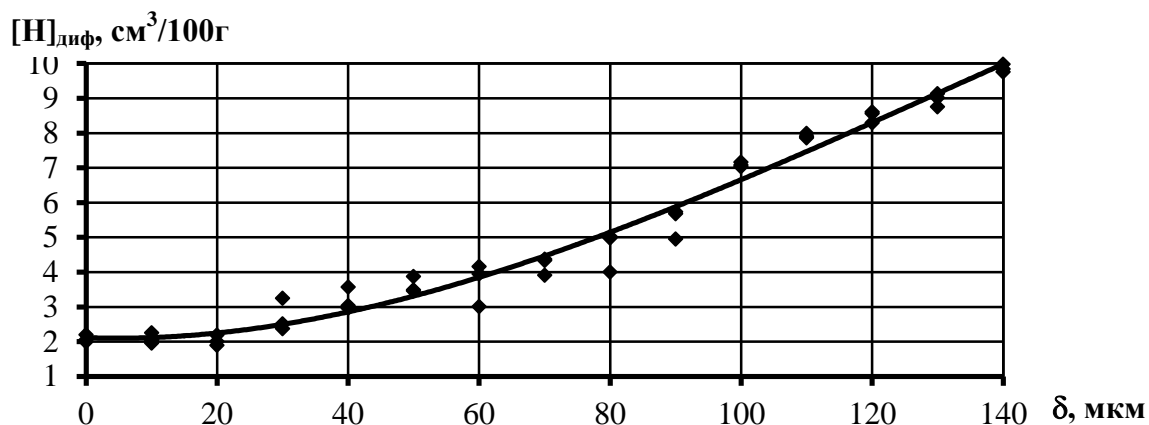


Рис.1. Влияние толщины защитного слоя на содержание диффузионного водорода в металле шва

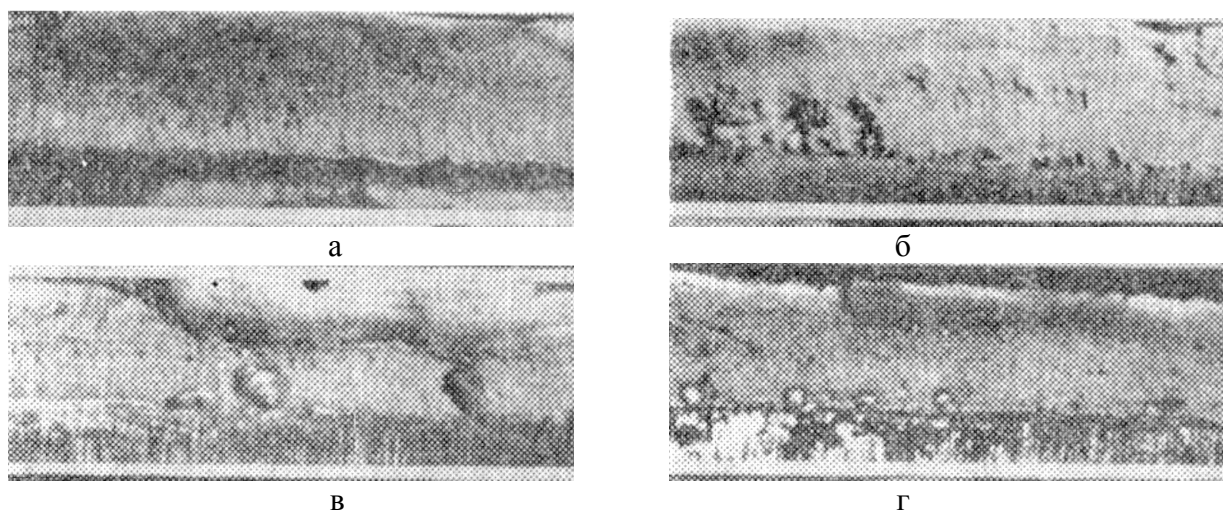


Рис. 2. Внешний вид швов, полученных электродами с различным количеством слоев защитной полимерной композиции:  
а – 1 слой защитной композиции; б – 3 слоя; в – 4 слоя; г – 5 слоев

При определении состава экзотермической смеси большое значение имеет обоснованный выбор окислителя и восстановителя смеси, определяющих тепловой эффект и состав продуктов реакции. К выбору экзотермической смеси в данном случае предъявляются следующие требования:

- температура начала экзотермической реакции не должна превышать температуру расплавленного электродного металла;
- в результате экзотермической реакции должно выделяться количество теплоты, достаточное для подогрева защитного слоя до температуры начала процесса термодеструкции полимерного слоя;
- размеры частиц элементов экзотермической смеси должны быть меньше толщины одного слоя защитной композиции, чтобы не провоцировать разрыв полимерной пленки;
- введение экзотермической смеси не должно оказывать отрицательного влияния на защитные свойства композиции.

В настоящее время разработано большое количество составов экзотермических смесей. В качестве окислителя чаще всего используется окалина (гематит)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , окисленная

марганцевая руда, оксиды хрома, оксиды никеля, а в качестве восстановителя применяется алюминий, бор, титан, кремний, углерод [5].

В процессе выбора экзотермической смеси для решения поставленной задачи была произведена оценка тепловых эффектов взаимодействия различных комбинаций раскислителей и окислителей. При этом в качестве раскислителей были выбраны Al, Ti, B, Si, а в качестве окислителей – оксиды Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO.

Оценка тепловых эффектов реакций взаимодействия элементов раскислителя и окислителя производится по следующей формуле [6]:

$$q^X = \frac{\Delta H_{298}^X}{M},$$

где X – оцениваемый элемент;

$\Delta H_{298}^X$  – энтальпия металла при нормальных условиях, кДж/моль;

M – сумма молекулярных масс исходных веществ, г/моль.

Были проведены расчеты тепловых эффектов на 1 г экзотермической смеси для реакций элементов раскислителей с окислителем Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а также различных окислителей с раскислителем Al. Результаты расчетов тепловых эффектов приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Тепловые эффекты экзотермических реакций раскислителей с Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, кДж/г

Al	Ti	B	Si
3,97	2,536	2,467	2,684

Таблица 2

Тепловые эффекты экзотермических реакций окислителей с Al, кДж/г

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO
3,97	3,43	2,64	3,268	1,94

Расчеты показали, что наибольший тепловой эффект достигается при использовании в качестве раскислителя – алюминиевого порошка (Al), а в качестве окислителя – окалины (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), выделяемая при этом теплота составляет 3,97 кДж/г. Таким образом, для введения в состав защитной композиции была выбрана экзотермическая смесь, состоящая из алюминиевого порошка и окалины.

Температуры, развиваемые экзотермическими реакциями, находятся в пропорциональной зависимости от концентрации экзотермической смеси. Температура, начала процесса термодеструкции полимерного слоя T<sub>г.д.</sub> = 128°C. Следовательно, концентрация экзотермической смеси в защитной композиции должна быть такой, чтобы обеспечить подогрев до температуры не менее 150°C. Зависимость температуры подогрева от концентрации экзотермической смеси приведена на рис. 3.

Как видно из графика, протекание экзотермических реакций с требуемым тепловым эффектом происходит при содержании экзотермической смеси в защитном слое более 35%. При меньшем содержании смеси экзотермические реакции не протекают, при повышении содержания увеличивается их интенсивность. При необходимости интенсивность протекания реакций можно регулировать за счет введения в защитный слой соответствующих компонентов более слабых элементов раскислителей.

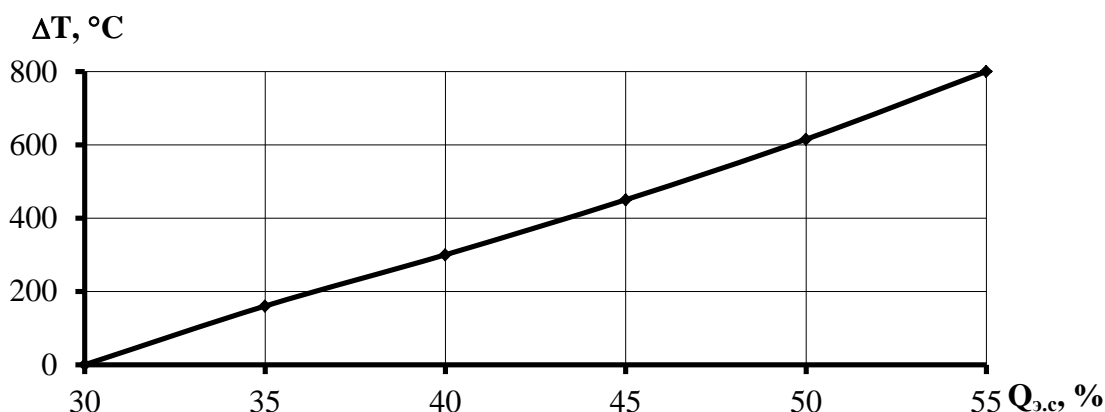


Рис. 3. Зависимость изменения температуры подогрева от количества экзотермической смеси

Дисперсность выбранных элементов находится в пределах 15...25 мкм, таким образом, частицы экзотермической смеси не будут провоцировать разрыв полимерной пленки, что позволяет ввести необходимое количество смеси в защитную композицию.

Выбранная экзотермическая смесь в количестве 35% вводилась в состав защитной композиции, которой аппретировали экспериментальную партию электродов марки УОНИ-13/55. Металл, наплавленный полученными электродами, подвергали химическому анализу и исследовали его механические свойства. Как показали исследования, химический состав и механические свойства металла шва соответствуют требованиям ГОСТов для данного типа электродов, пор и других дефектов не обнаружено.

### ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований был выбран состав и концентрация экзотермической смеси, введение которой в состав защитного покрытия в момент возбуждения дуги провоцирует выгорание полимерного слоя, до начала плавления соответствующего участка электродного покрытия. Это позволяет избежать попадания в зону сварки продуктов распада полимера, способствующих насыщению металла шва водородом и приводящим к возникновению пористости.

Химический состав и механические свойства наплавленного металла при этом находятся в пределах, регламентируемых требованиями ГОСТ.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазель А. Г. *Современные способы сварки магистральных трубопроводов* / А. Г. Мазель, В. Д. Тарлинский, М. З. Шейнкин. – М. : Недра, 1979. – 256 с.
2. Бабушкин П. Л. *Определение водорода в виде влаги в электродных покрытиях основного вида и флюсуемых материалах металлургического производства* / П. Л. Бабушкин, В. Ю. Персиц // *Сварочное производство*. – 1990. – №4. – С. 36–39.
3. Пат. 61708 А Україна, 7 В23К35/10, В23К35/12, В23К35/36. *Спосіб виготовлення покритих електродів* / В. Д. Кассов, С. В. Бондарев. – №2003042814; заявл. 01.04.2003; опубл. 17.11.2003, Бюл. №11.
4. Бондарев С. В. *Восстановление и ремонт деталей сельскохозяйственных машин* / С. В. Бондарев // *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. «Підвищення надійності відновлюємих деталей машин»*. – Харків, 2003. – Вип. 17. – С. 225–228.
5. Зареченский А. В. *Особенности плавления порошковых лент с термитными смесями* / А. В. Зареченский, Л. К. Лецинский, В. В. Чигарев // *Сварочное производство*. – 1985. – №8. – С. 39–41.
6. Ерохин А. А. *Основы сварки плавлением* / А. А. Ерохин. – М. : Машиностроение, 1973. – 448 с.