

УДК 621.791.75

Бондарев С. В.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ГИДРОФОБНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

В настоящее время, несмотря на создание и развитие новых сварочных процессов, таких как электронно-лучевая сварка, лазерная сварка, в производственных условиях продолжает преобладать способ электродуговой сварки [1]. При производстве сварочных материалов на долю покрытых электродов приходится около 80%, в то время как доля производства проволоки сплошного сечения остается в пределах 10% [2].

Одними из важнейших вопросов, требующих решения при разработке электродов с основным покрытием является улучшение сварочно-технологических свойств и уменьшение концентрации водорода в металле шва благодаря предупреждению абсорбции влаги при использовании негигроскопичных видов сырья. К тому же, приоритетными остаются направления исследовательских работ над снижением энергоемкости сварочных материалов как в процессе их производства, так и применения [1].

Наиболее перспективным направлением в этой области может являться разработка негигроскопичных защитных покрытий для сварочных электродов, предотвращающих абсорбцию влаги из воздуха в процессе их хранения и транспортировки. Применение таких покрытий позволит не только повысить сварочно-технологические характеристики электродов, но и значительно снизить затраты электроэнергии при проведении сварочных работ за счет устранения операции предварительной прокали, необходимой для удаления поглощенной влаги перед началом сварки.

При создании защитных покрытий для различных материалов широко используются полимерные синтетические покрытия. К наиболее употребительным системам на основе синтетических полимеров относятся системы, не содержащие высыхающих масел или алкидов – виниловые и акриловые полимеры [3]. Конкретный выбор компонентов защитных покрытий должен производиться с учетом следующих требований:

- 1) защитные свойства – стойкость к действию влаги;
- 2) стоимость компонентов и их доступность;
- 3) влияние на здоровье сварщиков и окружающую среду.

Виниловые смолы имеют уникальную комбинацию свойств, делающую их весьма ценными в области защитных покрытий. Смеси виниловых полимеров с акриловыми применяются достаточно широко. Смолы не имеют ни вкуса, ни запаха и обладают малой токсичностью, что делает их пригодными для санитарных покрытий. После полного улетучивания растворителя пленки не становятся хрупкими и не сморщиваются, так как смолы не окисляются. В связи с этим виниловые смолы атмосфероустойчивы и имеют большой срок службы. Твердость, гибкость и прекрасная адгезия дают возможность применять покрытия на основе виниловых смол для предметов, подвергающихся интенсивным механическим воздействиям.

С учетом приведенных требований наиболее оптимальным выбором в восточном регионе Украины представляется защитное покрытие на основе сополимеров стирола (винилбензола), и акрилонитрила (винилцианида), имеющих широкое применение во многих областях промышленности.

С целью повышения пластических свойств полимерных композиций, повышению адгезии, стойкости к воде и растворителям, в их состав необходимо вводить пластификаторы – совместимые с полимером низкомолекулярные вещества. Пластификаторы увеличивают эластичность, повышают текучесть, снижают остаточные напряжения, увеличивают стойкость к ударным нагрузкам. Кроме того, пластификатор должен сообщить пленке спо-

способность сжиматься и растягиваться при изменении температуры, без потери пластических свойств. Он должен регулировать усадку во время пленкообразования, чтобы не было пор, и получалась твердая однородная пленка. Регулирование усадки необходимо также и для того, чтобы увеличить адгезию путем снижения внутренних напряжений в пленке и создать возможность свободной работы адгезивных составляющих пленки. В качестве пластификаторов для синтетических полимеров наибольшее распространение получили фталаты [3]. В составе разрабатываемой защитной композиции в качестве пластификатора применяется диаллилфталат [4].

Защитный полимерный слой, который наносится на поверхность покрытия, является его органической составляющей. В процессе сварки при подогреве электродного покрытия происходит процесс термической деструкции полимерной пленки, т.е. процесс ее деполимеризации. Образующиеся при этом мономеры в последствии сгорают с образованием водорода H_2 и паров воды H_2O , что может привести к увеличению содержания водорода в металле шва и возникновению пористости, а также к нарушению стабильности горения дуги.

С целью оптимизации состава влагостойкой композиции был проведен многофакторный эксперимент по изучению влияния ее компонентов на содержание диффузионного водорода $[H]_{\text{диф}}$ в металле шва и на стабильность горения дуги. При этом использовался симплексно-решетчатый метод планирования, широко применяемый при решении экстремальных задач выбора оптимального состава многокомпонентной смеси.

Содержание диффузионного водорода проводилось глицериновым методом в эвдиометре, образцы для исследований получали при помощи наплавки валика на массивную медную банку с продольной V-образной проточкой.

В результате проведенного эксперимента была получена следующая кубическая регрессионная модель

$$y = 2,35x_1 + 2,40x_2 + 2,75x_3 + 2,05x_1x_2 + 4,50x_1x_3 + \\ + 0,97x_2x_3 - 14,33x_1x_2(x_1 - x_2) - 9,45x_1x_3(x_1 - x_3) - \\ - 14,15x_2x_3(x_2 - x_3) - 14,81x_1x_2x_3$$

где y – содержание диффузионного водорода в наплавленном металле $[H]_{\text{диф}}$, $\text{см}^3/100 \text{ г}$; x_1, x_2, x_3 – содержания стирола, акрилонитрила и диаллилфталата соответственно.

Адекватность модели проверялась по точкам в области минимальных значений содержания диффузионного водорода. Дисперсия опыта составляет $S^2(y) = 0,011$, рассчитанные значения критерия Стьюдента для каждой точки не превышают табличных, следовательно, полученную регрессионную модель можно считать адекватной.

Графически полученная модель представлена на рис. 1. Как видно, она имеет максимум в точке с координатами (0,14; 0,1; 0,74), содержание диффузионного водорода при этом составляет $y = 4,42 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ наплавленного металла. Минимум находится в точке (0,79; 0,18; 0,03), при этом $y = 1,29 \text{ см}^3/100 \text{ г}$.

При оптимизации полученной модели учитывалось, что доля пластификатора в составе защитной композиции должна составлять должна находится в пределах 20–50%, т.к. количество пластификатора менее 20% не обеспечивает выполнение возложенных на него функций.

После оптимизации получили состав композиции со следующим соотношением компонентов: 65% стирола, 15% акрилонитрила и 20% диаллилфталата содержание диффузионного водорода при этом составляет $1,73 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ наплавленного металла.

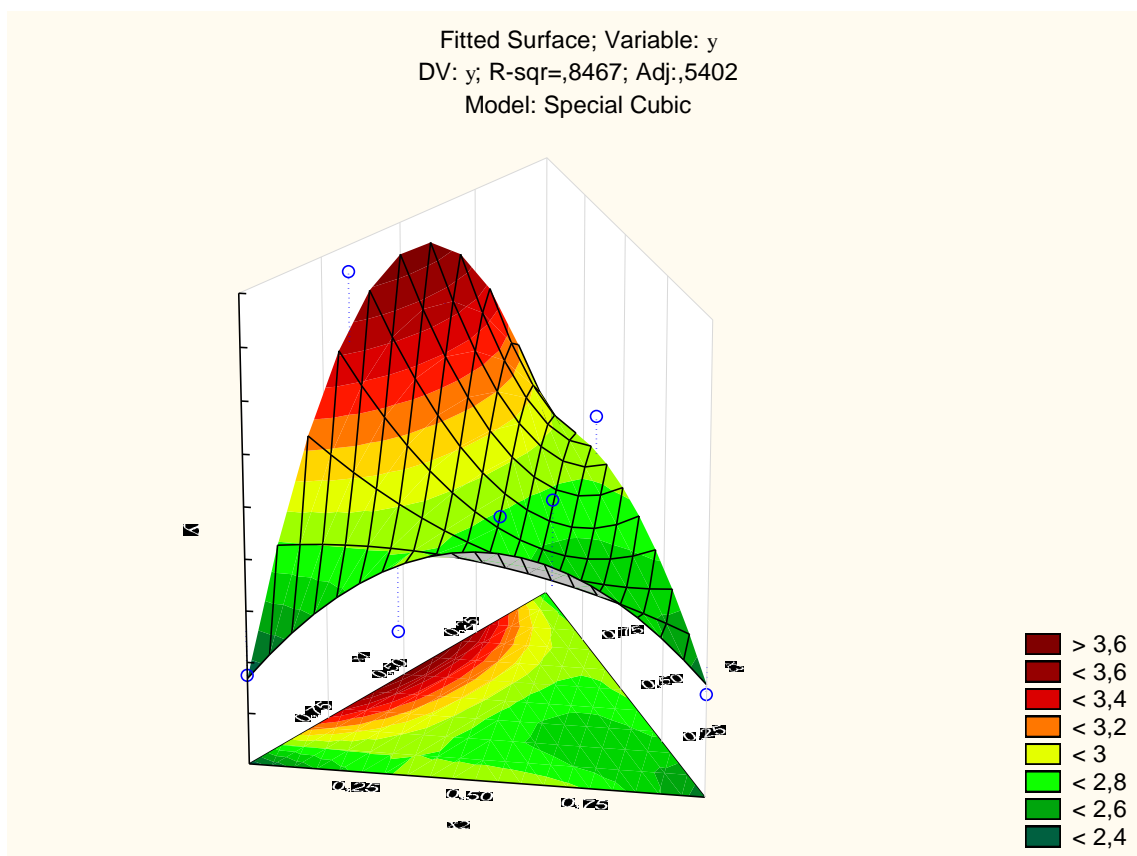


Рис. 1. Зависимость содержания $[N]_{\text{диф}}$ в металле шва от состава защитной композиции

Исследование влияние состава влагостойкой композиции на стабильность горения дуги производилось по стандартной методике, заключающейся в определении разрывной длины дуги [5]. В результате была получена следующая кубическая модель

$$y = 18,67x_1 + 8,67x_2 + 12,00x_3 + 6,75x_1x_2 + 3,00x_1x_3 + 4,50x_2x_3 - 45,75x_1x_2(x_1 - x_2) - 46,50x_1x_3(x_1 - x_3) - 60,00x_2x_3(x_2 - x_3) - 18,75x_1x_2x_3,$$

где y – разрывная длина дуги, мм; x_1 , x_2 , x_3 – содержания стирола, акрилонитрила, диаллилфталата соответственно.

Дисперсия опыта составляет $S^2(y) = 1,67$, значение критерия Стьюдента для каждой точки меньше табличного [6], следовательно, полученная модель является адекватной. Графически полученная модель представлена на рис. 2.

Как следует из анализа результатов эксперимента, при любом соотношении компонентов разрывная длина дуги имеет значения выше необходимого. Максимум находится в точке с координатами (0,16; 0,12; 0,72), разрывная длина дуги при этом составляет $y = 19,35$ мм. Минимум находится в точке (0,67; 0,19; 0,14), при этом $y = 11,57$ мм.

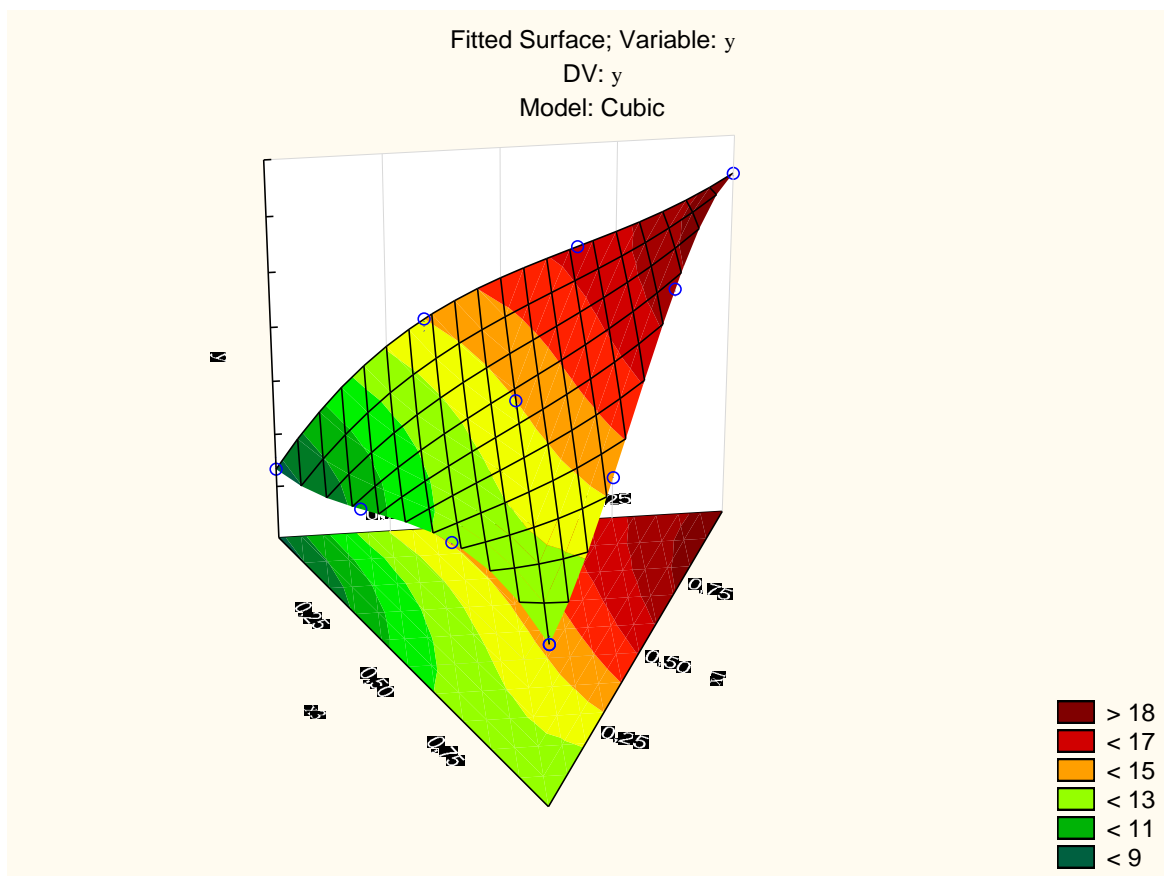


Рис. 2. Зависимость разрывной длины дуги горения покрытого электрода от состава защитной композиции

После оптимизации получили состав композиции со следующим соотношением компонентов: 16% стирола, 12% акрилонитрила и 72% диаллилфталата, разрывная длина дуги при этом максимальна – 19,35 мм.

ВЫВОДЫ

Проведены исследования влияния состава полимерной защитной композиции на содержание диффузионного водорода в наплавленном металле и на стабильность горения дуги. В результате оптимизации выбранного состава полимерной защитной композиции с учетом предъявляемых требований получили следующее соотношение компонентов: 65% стирола, 15% акрилонитрила и 20% диаллилфталата, обеспечивающих содержание диффузионного водорода в пределах $1,3 \text{ см}^3/100 \text{ г}$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Походня И.К. Сварочные материалы: состояние и тенденции развития / И. К. Порохня // Автоматическая сварка. – 2003. – №3. – С. 9–20.
2. Игнатенко П.В. Состояние производства сварочных материалов на пороге нового тысячелетия / П. В. Игнатенко, А. И. Бугай // Сб. докладов II Междунар. конф. по сварочным материалам стран СНГ «Дуговая сварка. Материалы и качество на рубеже XXI века». – Орел, 2001. – С. 81–83.
3. Органические защитные покрытия / Под. ред. Гуревича Е.С. – М., Л. : ГНИТНЛ, 1959. – 352 с.
4. Кассов В.Д. Оптимизация состава влагостойких композиций электродов / В. Д. Кассов, С. В. Бондарев // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту. – Луганськ, 2002. – №7. – С. 95–98.
5. Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением / С. И. Думов. – Л. : Машиностроение, 1974. – 456 с.
6. Сидняев Н. И. Теория планирование эксперимента и анализ статистических данных / Н. И. Сидняев. – М. : Юрай-Издат, 2012. – 399 с.