

УДК 621.791.75

Бондарев С. В., Васенок Г. С.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОФОБИЗАЦИИ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ СВАРКИ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ МАРТЕНСИТНОСТАРЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

В настоящее время, одним из основных факторов, прямо влияющим на общее социально-экономическое состояние страны, является снижение уровня энергозатрат в различных отраслях промышленности. В связи с этим перед предприятиями и организациями, занимающимися вопросами сварочного производства, стоит проблема повышения производительности труда, улучшения качества выпускаемой продукции, а также разработка современных энергосберегающих технологий как в сфере производства топлива и энергии, так и в сфере потребления [1, 2].

Наиболее распространенным способом дуговой сварки, применяемым при изготовлении сварных металлоконструкций, является ручная дуговая сварка покрытыми металлическими электродами [3]. Штучные электроды с покрытием являются наиболее широко применяющимся электродным материалом, универсальным с точки зрения организации процесса сварки в заводских и монтажных условиях [4]. При этом электроды с основным типом покрытия предпочитают другим типам электродов при сварке низколегированных и углеродистых сталей, сталей с высоким пределом текучести, коррозионностойких мартенситностареющих сталей или металла большой толщины. Электроды с основным покрытием обеспечивают высокую ударную вязкость металла шва, особенно при низких температурах, высокую стойкость против образования трещин [5, 6]. Важной эксплуатационной характеристикой низководородных электродов является стойкость покрытия против поглощения атмосферной влаги. Повышенное содержание влаги в покрытии электродов оказывает отрицательное влияние на качество шва, вызывая образование в нем пор и трещин, ухудшение сварочно-технологических свойств электродов [7].

Одним из способов гидрофобизации электродов является применение защитных покрытий с использованием синтетических полимеров. К наиболее употребительным системам на основе синтетических полимеров относятся системы, не содержащие высыхающих масел или алкидов – виниловые и акриловые полимеры. Однако, для обеспечения эффективной защиты при 100 %-ой влажности необходимо наносить не менее 5 слоев защитной композиции [8]. 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. При этом, 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 (водород, пары воды) попадают в зону дуги, что приведет к насыщению металла сварочной ванны водородом и возникновению пористости (рис. 1). На рентгенограммах наплавки отмечается наличие пористости в виде единичных пузырьков.

Целью работы является исследование процессов гидрофобизации покрытий электродов для сварки коррозионностойких мартенситностареющих сталей.

С целью изучения влияния толщины защитного покрытия на содержание водорода в металле шва был проведен ряд испытаний. Эксперименты производились на высокопрочной коррозионностойкой стали ЭП 56 (10X16H4Б). Это коррозионностойкая сталь мартенситного класса, которая применяется при изготовлении высокопрочных штамповых сварных конструкций и деталей, работающих в агрессивных средах, например, элементов паропроводов (рис. 2).

Толщину слоя защитного покрытия изменяли в пределах 40–200 мкм (контроль осуществлялся магнитным толщиномером).

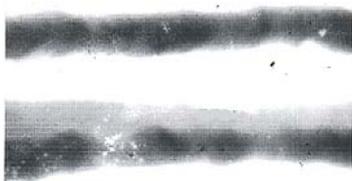


Рис. 1. Рентгенограммы металла наплавов, выполненных электродами с многослойным защитным покрытием



Рис. 2. Тройник паропровода, изготовленный из стали 10X16H4B

Полимерный состав наносился на покрытие электроды диаметром 3 мм, относящимися к различным структурным классам (мартенситные, мартенситно-ферритные, аустенитно-ферритные, аустенитные). Электроды перед сваркой прокаливались в течение 3 часов при температуре, регламентируемой по ГОСТу.

Толщина защитного покрытия менялась путем нанесения полимерной композиции в несколько слоев. Толщина одного слоя составляла 38–42 мкм. Кроме того, формирование шва, выполненное такими электродами, неудовлетворительное (рис. 3).



Рис. 3. Внешний вид швов, выполненных электродами УОНИ-13/55 с многослойным защитным покрытием

Методом вакуум-плавления определялось содержание водорода, кислорода и азота в наплавленном металле. Предварительно для определения диффузионно-подвижного водорода навески металла после сварки помещались в эвдиометры со спиртом, где выдерживались до 10 суток – до прекращения выделения водорода. Эти же навески подвергались вакуум-плавлению. Полное содержание водорода определялось как сумма диффузионноподвижного и остаточного водорода. Результаты исследований показаны на рис. 4, 5.

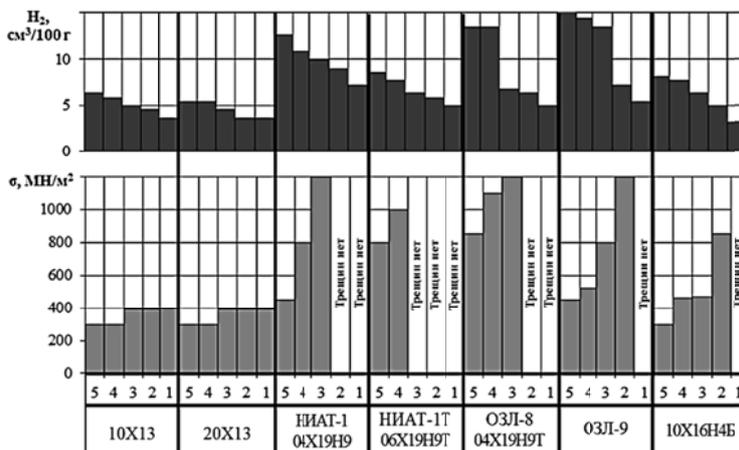


Рис. 4. Влияние состава электрода и количества слоев защитного покрытия на содержание водорода и сопротивляемость замедленному разрушению

При сварке электродами с 5-слойным защитным покрытием (толщина 200–208 мкм) трещины образовывались во всех сварных соединениях, за исключением соединений, выполненных электродами на никелевой основе. При сварке электродами ОЗЛ – 8, НИАТ – 5 наблюдались продольные трещины в околошовной зоне. Установлено, что показатель сопротивляемости стали образованию трещин при сварке различными электродами был неодинаков. Наименьшее значение его было получено при сварке электродами мартенситного и мартенситно-ферритного классов, наибольшее – обеспечили аустенитные электроды.

Наиболее высокое количество водорода, как при максимальной, так и при минимальной исследуемой толщине защитного покрытия ( $15,75 \text{ см}^3/100 \text{ г}$  и  $3,15\text{--}3,6 \text{ см}^3/100 \text{ г}$  соответственно) имели швы, выполненные аустенитно-ферритными и аустенитными электродами. Однако сварные соединения, выполненные при максимальной толщине покрытия, имели более высокую сопротивляемость образованию трещин, чем в случае сварке мартенситными и мартенситностареющими электродами, хотя последние содержали в металле шва меньшее количество водорода ( $8\text{--}9 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ ). Это зависит от структуры металла шва, которая определяет диффузию водорода в околошовную зону – зону образования трещин.

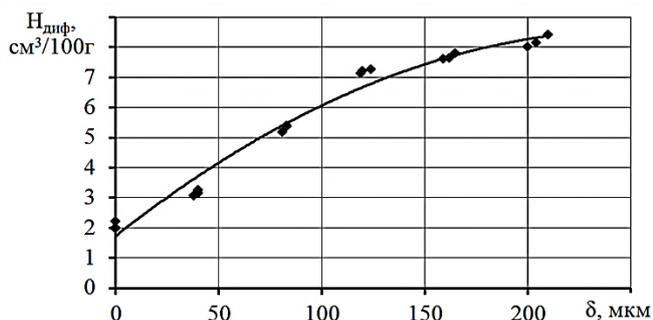


Рис. 5. Влияние толщины защитного слоя на содержание диффузионного водорода в металле шва

так и в процессе эксплуатации изготовленной металлоконструкции может быть не только причиной замедленного разрушения сварных соединений, но и причиной их хрупкого разрушения в послесварочный период.

Експерименти показали [9], що при однопроходній сварці сталі 10X16H4Б, виконаній електродами ЭП56 со стержнем 10X16H4Б, основною причиною замедленого руйнування являється підвищена чутливість даної сталі к водородному охрупчиванню, визначена високою її здатністю накопичувати водород, утворюючийся при термодеструкції складових захисного покриття (рис. 5).

Повищення вмісту водороду в металі сварного з'єднання мартенситностареючих сталей, як при сварці,

## ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований было установлено, что нанесение защитных полимерных композиций толщиной более 40–50 мкм на электродные покрытия может привести к наводороживанию металла шва вследствие их термодеструкции в процессе сварки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Походня И. К. *Сварочные материалы : Состояние и тенденции развития* / И. К. Походня // *Автоматическая сварка*. – 2003. – №3. – С. 9–20.
2. Игнатченко П. В. *Производство сварочных материалов в странах СНГ в 2001 г.* / П. В. Игнатченко // *Сварщик*. – 2002. – № 6. – С. 12–14.
3. Сидлин З. А. *Состояние производства сварочных материалов в России* / З. А. Сидлин // *Автоматическая сварка*. – 2009. – № 2. – С. 31–34.
4. Шлепаков В. Н. *Современные электродные материалы и способы электродуговой сварки плавлением (обзор)* / В. Н. Шлепаков // *Автоматическая сварка*. – 2011. – № 10. – С. 31–35.
5. Бабушкин П. Л. *Определение водорода в виде влаги в электродных покрытиях основного вида и флюсующих материалах металлургического производства* / П. Л. Бабушкин, В. Ю. Персиц // *Сварочное производство*. – 1990. – № 4. – С. 36–39.
6. Походня И. К. *Металлургия дуговой сварки, взаимодействие металла с газами* / [И. К. Походня, И. Р. Явдошин и др.]. – К. : Наук. думка, 1994. – 444 с.
7. Скорина Н. В. *Требования к условиям хранения и подготовки к сварке покрытых металлическим электродов* / Н. В. Скорина, Б. В. Юрлов // *Сварщик*. – 1999. – № 3. – С. 23–26.
8. Бондарев С. В. *Восстановление и ремонт деталей сельскохозяйственных машин* / С. В. Бондарев // *Вісник Харківського державного технічного університету сільськогосподарства : Підвищення надійності відновлюємих деталей машин*. – Харків, 2003. – Вып. 17. – С. 225–228.
9. Бондарев С. В. *Исследование влияния влажности электродных материалов при сварке ответственных конструкций подъемно-транспортных машин* / С. В. Бондарев // *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : збірник наукових праць*. – Краматорськ, 2011. – № 2 (23). – С. 21–24.

Статья поступила в редакцию 01.06.2012 г.