



КОНТАКТНАЯ СВАРКА СОПРОТИВЛЕНИЕМ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИТНОЙ ВСТАВКИ

В. С. КУЧУК-ЯЦЕНКО, канд. техн. наук, А. А. НАКОНЕЧНЫЙ, А. Г. САХАЦКИЙ, инженеры
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Исследован процесс контактной стыковой сварки арматурных сталей с применением офлюсованных промежуточных вставок. Определено, что вставки позволяют получать соединения, равнопрочные основному металлу при значительно меньшей степени пластической деформации и удельной мощности оборудования. Предложена технология сварки арматуры классов А1...АV диаметром от 8 до 32 мм.

Ключевые слова: контактная стыковая сварка, стальная арматура, композитная вставка, флюсующие компоненты

Повышение производительности и качества сварных соединений при сварке конструкций из арматурных сталей является актуальной проблемой, поскольку используемые в строительстве технологии предполагают наличие большого объема сварочных работ, в том числе и на монтаже. Создание в ИЭС им. Е. О. Патона новой технологии контактной стыковой сварки сопротивлением с использованием композитных вставок [1] раскрыло ряд технологических возможностей для совершенствования как самого процесса сварки, так и сварочных машин для контактной сварки, в частности, улучшение массогабаритных показателей, упрощение схемы управления и привода сварочных машин.

Контактная стыковая сварка сопротивлением широко применяется для соединения проволок, прутков, труб из сталей, цветных металлов и сплавов. Широкое распространение этот способ сварки получил благодаря своей простоте, высокой производительности, гигиеничности, низкой стоимости используемого оборудования. Однако традиционная стыковая сварка сопротивлением имеет существенные недостатки, основным из которых является ухудшение механических свойств сварных соединений, особенно пластичности. Снижение механических свойств сопряжено с перегревом металла и образованием в связи с этим в зоне соединения крупных зерен, а также дефектов в виде оксидных плен и микротрещин [2]. Особенно это проявляется при сварке сопротивлением арматуры диаметром более 8 мм, а поэтому этот способ сварки не используют для соединения арматуры большого диаметра.

Совершенствование процесса контактной сварки сопротивлением сопряжено с необходимостью сокращения объемов перегретого металла в сварном соединении, увеличения концентрации выделяемого тепла в зоне контакта, защиты зоны соединения от оксидных пленок. В данной работе исследовали возможность интенсификации нагрева зоны контакта за счет использования при нагреве сопротивлением вставок (рис. 1), представляющих собой прослойки с композитной структурой, состоящей из металлической основы и флюсующих компонентов. При пропускании тока через стык со вставкой имеет место ее интенсивный нагрев и расплавление последней вследствие ее значительного внутреннего сопротивления. При этом имеет место большая по сравнению с традиционным способом локализация нагрева сопротивлением.

Для сравнения на рис. 2 приведено распределение температуры в стыке при контактной сварке арматуры оплавлением. Из рисунка видно, что при нагреве сопротивлением с использованием композитной вставки нагрев более концентрированный, а температурное поле примерно такое же, как и при сварке оплавлением.

В состав композиционной вставки входят флюсующие элементы, температура плавления кото-

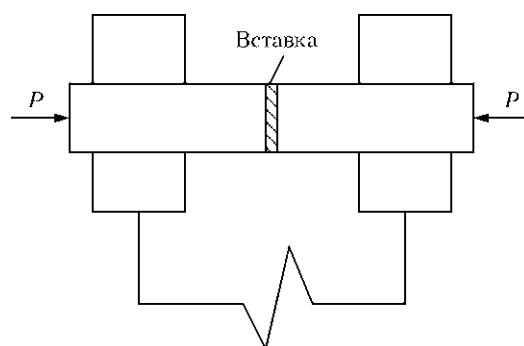


Рис. 1. Схема сварки сопротивлением с использованием композитной вставки

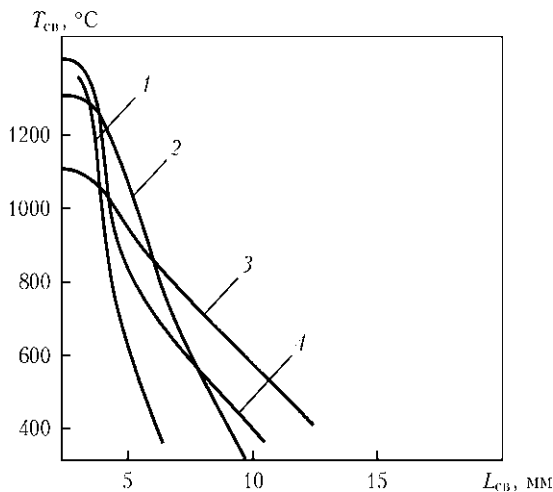


Рис. 2. Распределение температуры сварки $T_{св}$ перед осадкой при контактной сварке арматуры диаметром 32 мм непрерывным оплавлением (1), с композитной вставкой (2), сопротивлением (3), оплавлением с подогревом (4) ($L_{св}$ — расстояние от зоны сварки)

рых ниже температуры плавления основного металла свариваемых деталей. Наличие флюсующих компонентов позволяет защитить нагреваемый в зоне контакта металл от окисления, что обеспечивает формирование качественных соединений в процессе сжатия деталей при осадке. При этом обеспечивается возможность получения соединений при температуре нагрева приконтактных слоев металла ниже температуры солидуса основного металла. В таком случае для формирования соединений необходима меньшая деформация торцов, чем при традиционной контактной сварке.

Основа композитной вставки — профилированный лист низкоуглеродистой стали толщиной 0,8..2,0 мм, высоту и шаг профиля выбирают из расчета допустимой плотности тока, затем определяют интенсивность тепловыделения в зоне контакта.

В состав флюса входят оксиды, хлориды и фториды щелочных и щелочноземельных металлов, температура плавления флюса составляет 900...1000 °С. Для раскисления и улучшения структуры металла шва в флюс добавляют по-



Рис. 3. Внешний вид сварного соединения арматуры диаметром 32 мм из стали 25Г2С

рошки углерода, марганца, кремния, никеля и молибдена.

Для проведения экспериментов модернизирована установка для контактной стыковой сварки оплавлением AMG 20/170 Schlatter мощностью 170 кВ·А, привод которой переделан под сварку сопротивлением. Система управления процессом сварки на основе КСУ КС 02 в варианте для стыковой сварки обеспечивает ее автоматическое регулирование и регистрацию.

В качестве образцов для исследования были выбраны прутки арматуры диаметром от 8 до 32 мм классов АI...AV [3]. Результаты оценки особенностей нагрева (таблица) позволили оптимизировать режимы сварки и состав сварочного флюса. Сваривали образцы диаметром 8, 12, 20 и 32 мм (сталь 20, 25Г2С, сталь 70), торцы которых подвергали черновой токарной обработке. На рис. 3 видно почти полное отсутствие усиления шва, что связано со значительным уменьшением припуска на осадку.

Металлографические исследования проведены на специально изготовленных шлифах сварных соединений. Образцы травили в 4%-м растворе HNO_3 в спирте. Твердость измеряли с помощью микротвердомера М-40 фирмы «LECO» при нагрузке 0,5 Н. Балл зерна определяли в соответствии с ГОСТ 5639–82.

Технологические параметры и механические свойства сварных соединений стержней и арматуры

Марка стали	Диаметр арматуры, мм	Время сварки, с	Плотность сварочного тока, А/мм ²	Временное сопротивление разрыву σ_b , МПа		Ударная вязкость KCV (Дж/см ²) при 20 °С	
				Основной металл	Сварное соединение	Основной металл	Сварное соединение
Сталь 20	8	2,3	17	490...510	485...505	90	55...70 (63)
	12	3,3	12	(500)	(495)		
	20	4,3	10				
25Г2С	20	4,3	10	600...620	597...625	130	75...90 (83)
	32	6,1	8	(610)	(611)		
Сталь 70	12	2,3	15	840...890	843...870	55	22...30
	20	3,3	12	(865)	(857)		

Примечание. В скобках даны средние значения σ_b и KCV .

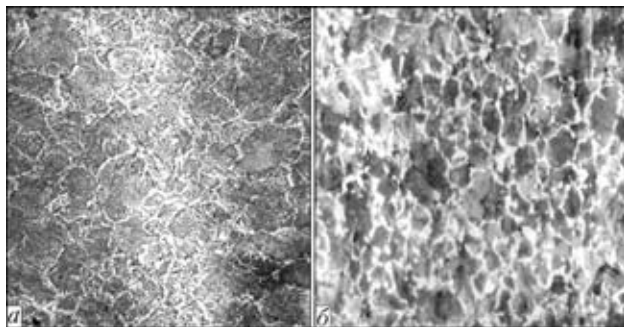
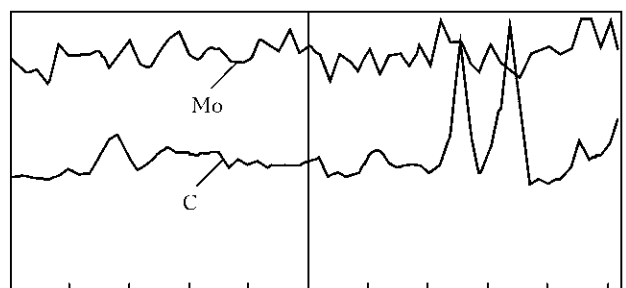


Рис. 4. Микроструктуры ($\times 150$) металла зоны соединения (а) стали 25Г2С и металла 3ТВ (б)

I , отп. ед.



l , мкм

Рис. 5. Распределение углерода и молибдена поперек сварного шва, выполненного на стали 25Г2С (база измерения 120 мкм с шагом 2 мкм)

Микроструктура металла сварного соединения стали 25Г2С и зоны термического влияния (ЗТВ) представлена на рис. 4.

Металлографические исследования показали, что структура металла сварного соединения ферритно-перлитная с преобладающей ферритной составляющей. На участке выдавленного металла и в прилегающей к нему зоне балл ферритного зерна соответствует № 6, твердость $HV_{0,05}$ 180...200. В зоне сплавления отсутствуют следы расплава и нерасплавившиеся остатки композитной вставки.

В ЗТВ происходит перекристаллизация зернистого перлита в пластинчатый. Микротвердость в ЗТВ соответствует классическому участку перегрева и колеблется от HB 160 до 170, не замечено наличие хрупких фаз и структур закалки. Микрорентгеноспектральный анализ показал, что в металле шва и ЗТВ элементов-активаторов из состава сварочного флюса в виде отдельных структурных составляющих не обнаружено. Имеют место небольшие пики концентрации углерода и молибдена, расположенные на определенном расстоянии от зоны сплавления. Это свидетельствует о том, что из-за процесса диффузии за время сварки и происходит незначительное легирование металла шва и ЗТВ (рис. 5).

Проведенные исследования позволили разработать технологию контактной стыковой сварки с композитной вставкой арматуры диаметром до 32 мм.

Использование при сварке сопротивлением специальной композитной офлюсованной вставки обеспечивает высококонцентрированный нагрев в зоне контакта, флюсовую защиту зоны соединения, уменьшение длительности процесса и припусков на нагрев и осадку, а также значительное (в 6...8 раз) снижение усилий при осадке.

Для сварки требуется более низкая удельная мощность сварочного оборудования, что расширяет технологические возможности совершенствования как самого процесса сварки, так и сварочных машин для контактной сварки.

1. Пат. 78378 Украины, МПК В 23 К 11/02. Способ контактной стыковой сварки сопротивлением. — Оpubл. 15.03.2007.
2. Гельман А. С. Основы сварки давлением. — М.: Машиностроение, 1970. — 312 с.
3. ГОСТ 14098–91. Соединения сварные арматуры и закладных элементов железобетонных конструкций. — Введ. 01.07.92.

Investigations of resistance welding of reinforcing steel with application of fluxed intermediate inserts have been performed. It is determined that inserts allow producing joints equivalent to base metal in terms of strength at much lower degree of plastic deformation and specific capacity of the equipment. Technology of welding r-bars of AI–AV classes of 8 to 32 mm diameter was proposed.

Поступила в редакцию 26.09.2009