

УДК 621.791.763

## ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОВОЛОКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

В. О. ДЕРБАН

Научный руководитель В. П. КУЛИКОВ, д-р техн. наук, проф.  
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Для определения возможности использования проволок с пониженным содержанием элементов раскислителей при сварке в смеси  $82\%Ar+18\%CO_2$  нами был проведен ряд экспериментальных исследований, целью которых было определение зависимостей механических свойств сварных соединений от химического состава проволоки. Также были проведены сравнительные испытания соединений, полученных сваркой в углекислом газе. В качестве основного критерия для сравнения механических свойств нами было выбрано значение ударной вязкости металла сварного шва по результатам испытания на ударный изгиб согласно ГОСТ 6996-66 при различных температурах.

Для проведения испытаний нами использовалась экспериментальная установка, особенностью которой являлось жесткое закрепление горелки сварочного полуавтомата на сварочном тракторе, это позволило избежать нежелательных колебаний скорости сварки, вылета электродной проволоки, а также других возмущающих факторов, оказывающих существенное влияние на объективность получаемых результатов. Для задания точного соотношения компонентов защитной газовой смеси, а также регулирования ее расхода нами применялся однопостовой газовый смеситель ВМ-2М.

В качестве свариваемого материала использовались пластины толщиной 6 мм из стали СтЗсп. Сварка выполнялась в нижнем положении, тип сварного соединения С7, согласно ГОСТ 14771-76.

Для проведения испытаний на ударный изгиб металла сварного шва, из полученного соединения были изготовлены образцы типа VIII с U-образным концентратором согласно ГОСТ 6996-66. Для охлаждения образцов до минимальных температур проведения испытаний нами использовалась жидкая углекислота. Охлаждение проводилось в специальной камере, позволяющей точно контролировать температуру и поддерживать её на постоянном уровне в течение длительного времени.

В результате проведения механических испытаний нами получены графические зависимости значений ударной вязкости металла сварного шва от температуры для образцов, сваренных в смеси  $82\%Ar+18\%CO_2$  и в чистом углекислом газе, проволоками с различным химическим составом.

Анализ результатов разрушения образцов, сваренных в смеси, свидетельствует о более высоких значениях ударной вязкости металла шва при

использовании проволок Св-08ГС, во всем диапазоне температур проведения испытаний.

Для определения факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на показатели ударной вязкости, нами был проведен спектральный химический анализ металла сварного шва.

Результаты анализа свидетельствуют о снижении прочностных свойств с увеличением содержания марганца. Таким образом, можно предположить, что чрезмерное легирование проволоки элементами-раскислителями приводит к превышению их допустимой концентрации в металле сварного шва, снижая тем самым эксплуатационные характеристики соединения.

Графические зависимости, полученные при испытании образцов, сваренных в углекислом газе, имеют менее выраженный, но схожий характер. Следует отметить, что процесс сварки в углекислом газе обладает специфическими особенностями протекания металлургических процессов, что обусловлено отличной от сварки в смеси защитной газовой атмосферой. Диссоциация углекислого газа и связанное с этим сжатие дуги оказывает существенное влияние на геометрические и термодинамические параметры сварочной ванны. Поэтому, при анализе причин снижения ударной вязкости следует учитывать специфику процесса.

Анализ полученных графических зависимостей свидетельствует о меньших значениях ударной вязкости металла сварного шва для всех используемых проволок, по сравнению с результатами, полученными при сварке в смеси.

Химический анализ металла сварного шва показывает меньшие значения содержания марганца и кремния, что свидетельствует о повышенных потерях этих элементов в дуге на стадии капли и сварочной ванне из-за испарения и окисления элементов вследствие взаимодействия с кислородом.

Результаты экспериментов показали, что, хотя это уже не так ярко выражено как при сварке в смеси, использование проволоки Св-08ГС даже в этом случае показывает более высокие значения ударной вязкости металла шва. По-видимому, это объясняется благоприятными значениями параметров режима сварки при проведении экспериментов, обеспечивающими оптимальные условия для протекания реакций раскисления и удаления продуктов этих реакций в шлак.

Анализ фрактограмм излома образцов показал, что при использовании проволок с пониженным содержанием элементов-раскислителей процент вязкого волокна в изломе существенно выше.

Вероятно, причиной хрупкого разрушения образцов, сваренных проволоками типа Св08Г2С при отрицательных температурах испытаний, является чрезмерное содержание марганца в металле сварного шва.

Следует отметить, что при испытании образцов, сваренных проволокой Св08ГС в смеси, вязкое разрушение наблюдается даже при минимальных температурах разрушения.

Как известно, основные потери легирующих элементов происходят на стадии капли. Так как параметры режима сварки непосредственно влияют на процесс переноса и удельную площадь поверхности капли расплавленного металла, то, очевидно, что их изменение будет оказывать существенное влияние на коэффициент перехода легирующих элементов из проволоки в шов. Таким образом, с учётом достаточно близких значений ударной вязкости металла сварного шва при сварке проволоками Св08ГС и Св08Г2С, рекомендации по применению проволок с пониженным содержанием элементов раскислителей для сварки в углекислом газе могут быть использованы только в диапазоне незначительного отклонения от режимов используемых при проведении исследований. Однако, учитывая изменение характера переноса электродного металла, можно предположить, что, при уменьшении силы сварочного тока и, связанным с этим, уменьшении напряжения на дуге, с целью сохранения стабильности процесса, насыщение кислородом жидкого металла капли будет снижаться, что благоприятно скажется на пластичности металла сварного шва. С другой стороны, увеличение силы сварочного тока приведёт к увеличению размера капель и снижению удельной площади их поверхности, что должно способствовать уменьшению окисления их кислородом. Однако, крупнокапельный перенос сопровождается большим разбрызгиванием. Это приводит к возмущениям и завихрениям атмосферы сварочной дуги, вызывающим повышенный подсос воздуха в зону сварки. Также, необходимость повышения напряжения приводит к росту длины дуги, что существенно увеличивает время существования жидкого металла на стадии капли, то есть, времени его наиболее интенсивного взаимодействия с кислородом. Действуя совместно, эти факторы существенно снижают переход элементов раскислителей в сварной шов, что не позволяет с достаточной уверенностью судить о надёжном раскислении сварочной ванны в этом случае. Поэтому рекомендации по использованию проволок с пониженным содержанием элементов раскислителей справедливы, по крайней мере, для режимов сварки не превышающих значения параметров режима, используемых при проведении исследований.