

УДК 621.791

А. В. Матушкин, М. П. Шалимов

Уральский федеральный университет

Ю. А. Пыкин

НПО «Полигон»

С. В. Анахов

Российский государственный профессионально-педагогический университет

г. Екатеринбург

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПОДГОТОВКИ КРОМОК МЕТАЛЛА НА КАЧЕСТВО СВАРНОГО ШВА

Методами металлографического анализа исследована структура сварных швов, полученных после резки стали 09Г2С механическим способом и плазматронами различных модификаций. Показано, что качество сварных соединений полученных после плазменной резки без удаления зон термического влияния не уступает показателям, достигаемым после механической разделки.

Ключевые слова: *плазматрон, проектирование, сварной шов, зона термического влияния, структурные превращения, дефекты, качество, эффективность.*

A. V. Matushkin, M. P. Shalimov, Ju. A. Pykin, S. V. Anahov

THE INFLUENCE OF DIFFERENT MEANS OF METAL EDGES PREPARATION ON THE WELDED SEAM QUALITY

With the help of metallographic methods the analysis of the welded seams structure is investigated. This seems, received after 09G2S steel cutting by mechanical method and by various plasmatrons. It is shown, that quality of welds received after plasma cutting without removal of heat-affected zone does not concede to parameters, received after mechanical cutting.

Keywords: *plasmatron, design, welding seems, heat-affected zone, structure transformation, defects, quality, efficiency.*

В данной работе приведено сравнение качества сварных швов стали 09Г2С толщиной 10 мм для двух групп образцов. Первая группа образцов получена с применением плазматрона воздушно плазменной резки – ПМВР-2М (НПО «Полигон»), для подготовки кромок свариваемых пластин. Для образцов второй группы была применена механическая подготовка кромок.

Вид кромки свариваемых пластин приведен на рис. 1.

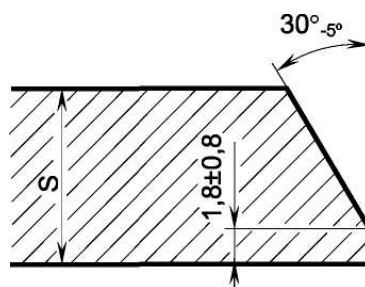


Рис. 1. Кромка свариваемых пластин

Сварка пластин выполнялась в три прохода. Условия выполнения сварных швов приведены ниже:

1. Вид сварки: МП (механизированная сварка);
2. Сварочные материалы: ОК-Autrod 12.51 (1,2 св-08Г2С-О);
3. Защитный газ: К18 (18%CO₂, 82%Ar);
4. Режимы сварки: проход 1 (корень шва) 17В, 120А;
проход 2 (заполняющий) 19В, 150А;
проход 3 (лицевой) 19В, 150А.

На полученных сварных соединениях было проведено исследование микроструктуры различных участков сварного соединения и измерение твердости образцов по схеме представленной на рис. 2.

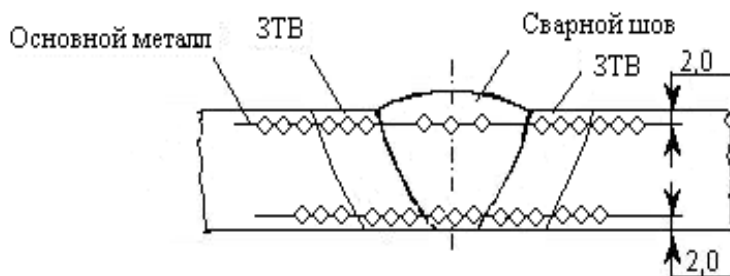


Рис. 2. Схема замера твердости по Виккерсу

Результаты измерений твердости в различных зонах сварных соединений представлены в таблице 1. Их анализ свидетельствует о соответствии всех исследованных образцов требованиям СТО Газпром 2-2.4-083 ($HV_{10} \leq 255$ для металла шва и $HV_{10} \leq 300$ для ЗТВ).

Таблица 1

Результаты измерения твердости образцов

Группа образцов, №	Твердость основного металла сварного соединения, HV ₁₀ (верх/низ)	Твердость ЗТВ сварного соединения, HV ₁₀ (верх/низ)	Твердость металла шва сварного соединения, HV ₁₀ (верх/низ)
1	172/173	174/172	186/176
2	170/168	168/170	178/176

Полученные данные показывают, что твердость различных зон сварного соединения полученного при использовании плазматрона ПМВР-2М не уступает аналогичным показателям для образцов подготовленных с применением механической обработки свариваемых кромок. Поэтому можно сделать вывод, что при использовании стали 09Г2С толщиной 10 мм операцию механического удаления металла кромки реза можно заменить на зачистку поверхности реза и прилегающих зон сварного соединения до металлического блеска с требуемой величиной шероховатости поверхности.

В таблице 2 приведены результаты проведенного микроструктурного анализа сварных соединений образцов.

Таблица 2

Результаты микроструктурного анализа зон сварных соединений

№ образца	Участок	Размер зерна		Структура			Характеристики перлита	
		Балл	мм	Балл	п/ф	Тип перлита	МПП*, мкм	СДЗ, мкм
1	основа	10	0,011	2	35/65	СП	0,30	
	ЗТВ	14	0,003	1	85/15	точечный		0,25
	СШ	4	0,088	1	15/85	точечный		0,25
2	основа	10	0,011	2	35/65	СП	0,30	
	ЗТВ	14	0,003	1	85/15	точечный		0,25
	СШ	5	0,062	1	5/95	точечный		0,25

*МПП – межпластинчатое расстояние, СДЗ – средний диаметр зерен, СП – скрытопластинчатый, СО – сорбитообразный.

При анализе микроструктуры выявлено, что в материале сварного шва формируется характерная для литых сталей структура с равноосными зёрнами в центре размерами от 20 до 35 мкм и вытянутыми вдоль направления теплоотвода на периферии. Из-за интенсивного теплоотвода через материал основы при высоких скоростях охлаждения в материале шва не успевают пройти полностью фазовые превращения, поэтому доля перлита оказалось довольно мала в материале СШ всех исследованных сварных соединений. В нижней части сварного соединения размеры зёрен минимальны, а в верхней – максимальны.

Материал ЗТВ на всех исследованных образцах отличается от стали-основы. Непосредственно к сварному шву примыкают зоны крупнокристаллической структуры с размером зёрен до 60 мкм. Структура материала этих зон - точечный перлит с диаметром зёрен цементита до 0,25 мкм для рассматриваемых образцов. Толщина зон с крупным зёрном составляет не более 0,2 мм.

В исследованных образцах зафиксированы максимальные размеры зёрна не более 60 мкм наряду с полным отсутствием видманштеттовой структуры, что позволяет ожидать достаточно высоких значений прочности полученных сварных соединений. Приведенные выше результаты замера твердости подтверждают выдвинутое предположение.

По мере удаления от границы между сварного шва и ЗТВ зёрно измельчается, становится меньше, чем в стали-основе (см. таблицу 2). В исследуемых образцах феррито-перлитная структура (п/ф = 85/15) с зернистым перлитом, диаметр зёрен перлита менее 0,25 мкм. Это свидетельствует о том, что в стали произошла нормализация. Данные структурные изменения можно обосновать выполнением многопроходной сварки образцов, когда при сварке каждого последующего слоя выполнялась термообработка предыдущего слоя. Увеличение доли перлита в структуре ЗТВ по сравнению с основой связано с перекристаллизацией и высокими скоростями охлаждения после сварки за счет теплоотвода через материал соединяемых пластин.

Качество исследованных швов сопоставимо, как при плазменных, так и при механических технологиях разделки, что свидетельствует об эффективности применения плазменных методов разделки проката без механического удаления ЗТВ при производстве сварных конструкций.

Данные по измерению твердости показали, что ее значение в верхней части образца выше, чем в нижней, что может свидетельствовать о прошедших процессах термообработки при выполнении многопроходной сварки. Полное отсутствие видманштеттовой структуры также стало залогом высоких механических свойств образцов.