

ОСОБЕННОСТИ ХРУПКОГО РАЗРУШЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАЗНОРОДНЫХ СТАЛЕЙ

А.А. Бивалькевич, А.А. Батаев, В.Г. Буров, В.А. Батаев, С.В. Хлебников

С 1996 года в России освоено серийное производство сварных железнодорожных крестовин. Зарубежный опыт показал, что применение процесса сварки для соединения крестовины, отлитой из стали Гадфильда, и примыкающих к ней рельсов из высокоуглеродистой стали, позволяет повысить срок службы стрелочных переводов, уменьшить затраты на их текущее содержание и снизить расход высокомарганцовистой стали.

Соединение крестовины из стали 110Г13Л с рельсовыми окончаниями является одной из наиболее ответственных зон стрелочного перевода. Способ соединения указанных элементов заключается в контактной стыковой сварке методом пульсирующего оплавления. Такой способ сварки ускоряет нагрев деталей и существенно уменьшает машинное время процесса. Высокомарганцовистая сталь относится к числу трудносвариваемых, поэтому сварка ее с рельсовой сталью производится через промежуточную вставку из хромоникелевой стали 12Х18Н10Т. Этот материал хорошо сваривается как со сталью 110Г13Л, так и с рельсовой сталью М76 [1-4]. Главная проблема, возникающая в процессе сварки, связана с образованием трещин. Возникают эти дефекты между рельсовой сталью и хромоникелевой вставкой. Количество бракованных изделий даже в пределах 5 – 7 % приводит к значительным убыткам. Проведенные исследования показали, что основной причиной разрушения сварного соединения является мартенсит, образующийся в переходной зоне в процессе сварки. В работе приведены результаты исследований сварных элементов стрелочных

переводов производства Новосибирского стрелочного завода.

Исследования сварного соединения проводили на оптическом микроскопе NU 2E и микротвердомере ПМТ-3. Испытания по схеме «трехточечный изгиб» выполняли на прессе МИИМ 2500-К на Новосибирском стрелочном заводе. Фрактографические исследования разрушенных образцов проводились на микроскопе LEO420, микрорентгеноспектральный анализ выполняли на рентгеновском микроанализаторе типа JXA-5A (JEOL).

Сталь Гадфильда и хромоникелевая вставка относятся к одному структурному классу (обладают аустенитной структурой), поэтому их соединение не вызывает особых проблем. Сварной шов получается достаточно ровным, без каких-либо дефектов. Косвенно об этом свидетельствуют результаты измерения микротвердости в переходной зоне (рисунок 1). Сталь Гадфильда обладает характерной зеренной структурой аустенита, преимущественно свободной от карбидов. В некоторых случаях в стали 110Г13Л наблюдаются зернограничные карбиды и карбиды игольчатой формы. Такая структура является нежелательной и, по всей видимости, связана с нарушением технологии термической обработки сварного соединения.

Рельсовая и хромоникелевая стали относятся к различным структурным классам и значительно отличаются по содержанию легирующих элементов. В процессе сварки в приграничной зоне сварного шва возникают локализованные закаленные зоны и участки в виде сплошной мартенситной прослойки (рисунки 2 – 4).

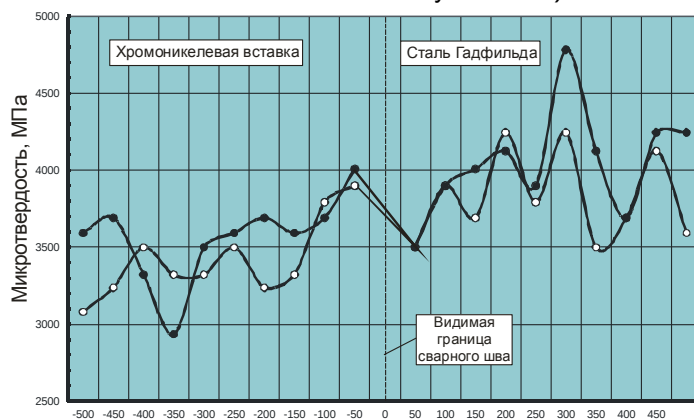


Рисунок 1 – Микротвердость сварного шва между хромоникелевой вставкой и сталью Гадфильда

ОСОБЕННОСТИ ХРУПКОГО РАЗРУШЕНИЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАЗНОРОДНЫХ СТАЛЕЙ

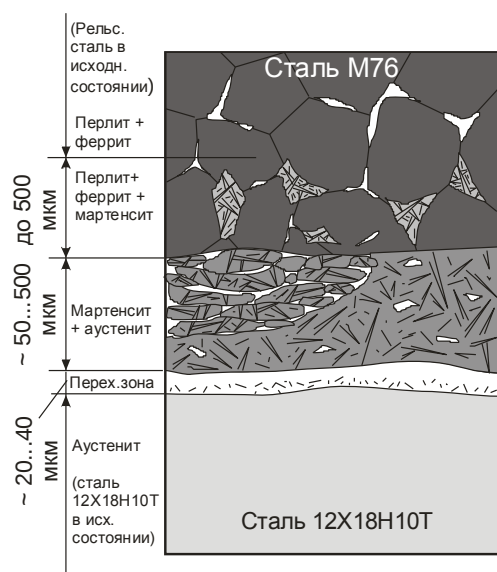


Рисунок 2 – Схема строения сварного шва между рельсовой сталью и хромоникелевой вставкой

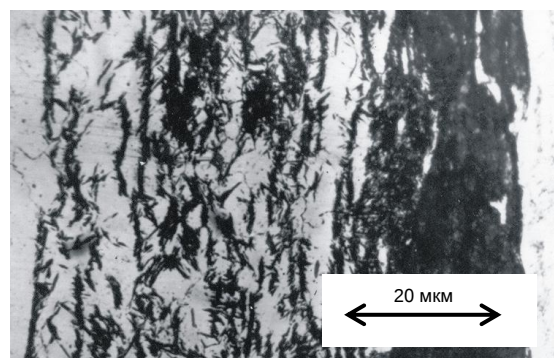


Рисунок 3 – Закаленные участки в околошовной зоне (со стороны рельсовой стали)

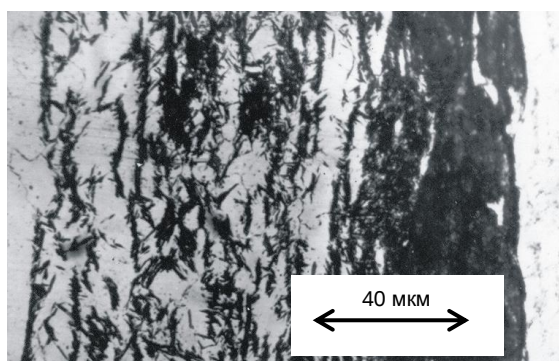


Рисунок 4 – Мартенситная прослойка в околошовной зоне (со стороны хромоникелевой стали)

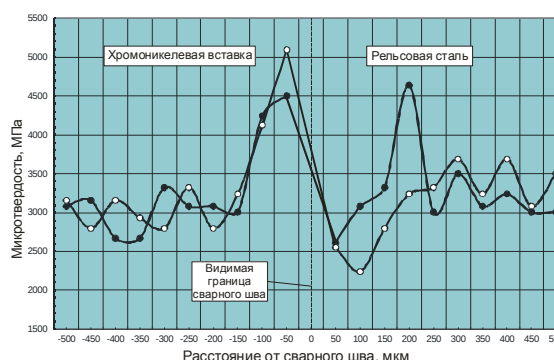


Рисунок 5 – Микротвердость сварного шва между рельсовой сталью и хромоникелевой вставкой

Исследования микротвердости полностью подтверждают результаты металлографии. Уровень микротвердости локализованных зон достигает 4500 – 6000 МПа, сплошной мартенситной прослойки – 4000 – 5000 МПа (рисунок 5). Для оценки качества сварного соединения были проведены испытания на статический поперечный трехточечный изгиб. В процессе нагружения образцы разрушались по сварному шву между рельсовой и хромоникелевой сталями. Полученный излом характеризуется металлическим блеском и является практически гладким (рисунок 6), что свидетельствует о его хрупком характере. Причина такого разрушения – наличие хрупкой высокопрочной структуры в сварном шве. Для уточнения химического состава структур, образующихся в переходной зоне в процессе сварки, был проведен микрорентгеноспектральный анализ образцов в направлении, перпендикулярном линии сварного шва (рисунок 7). По характеру распределения кривых

можно выделить три участка: хромоникелевая сталь, переходная зона и рельсовая сталь. В рельсовой стали наблюдается несколько пиков по содержанию никеля и хрома (с одновременным снижением содержания железа). Появление этих пиков связано с прохождением зонда по локализованным закаленным зонам. Таким образом, образование зон объясняется диффузией хрома и никеля в процессе сварки из хромоникелевой вставки в рельсовую сталь. В зоне видимой границы раздела наблюдается значительный всплеск содержания углерода, что еще более способствует охрупчиванию мартенситной прослойки. Важное значение имеют результаты, отражающие распределение титана. В хромоникелевой стали наблюдаются значительные всплески его содержания. Химический анализ показал, что титан содержится в стали в виде сульфидов (рисунок 8).



Рисунок 6 – Излом сварного соединения, полученный при испытаниях на статический трехточечный изгиб

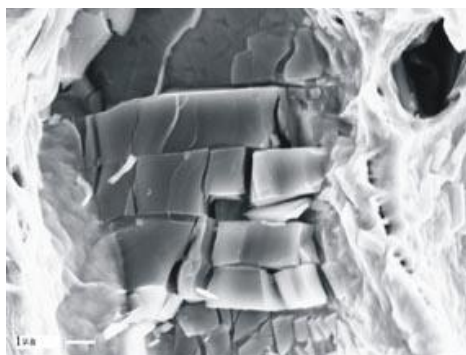


Рисунок 8 – Хрупкие включения сульфида титана в хромоникелевой стали

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что в сварных соединениях железнодорожных крестовин с рельсовыми окончаниями имеются зоны, снижающие трещиностойкость материала. В процессе сварки рельсовой и хромоникелевой сталей в переходной зоне возникает высокохрупкая мартенситная структура. Она обеспечивает высокий уровень внутренних напряжений, способных привести к катастрофическому разрушению сварного соединения. Свойства мартенситной прослойки в разных сварных соединениях (или даже в пределах одного образца) отличаются. Чем выше уровень микротвердости мартенсита, тем более негативно его воздействие. Установлено, что приемлемый уровень микротвердости мартенсита, обеспечивающий достаточную надежность сварного шва, составляет $HV \leq 4000$ МПа. На качество сварного соединения отрицательно влияет наличие хрупких включений сульфида титана. Анализ полученных результатов свидетельствует о необходимости усовершенствования технологии стыковой контактной сварки с целью повышения трещиностойкости сварных швов и повышения надежности стрелочных переводов.

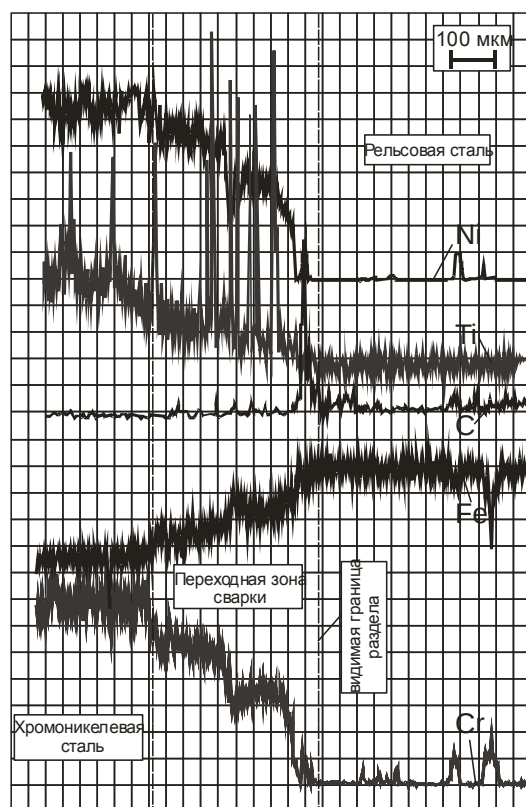


Рисунок 7 – Результаты микрорентгеноспектрального анализа сварного шва между рельсовой и хромоникелевой сталями

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генкин И.З. Сварные рельсы и стрелочные переводы // Путь и путевое хозяйство. – 2000. – № 12. – С. 14 – 20.
2. Никитин А.С. Контактная стыковая сварка стали Гадфильда с рельсовой сталью // Сварочное производство. – 2000. – № 9. – С. 38–40.
3. Синадский Н.А., Турбина Л.А., Генкин И.З. Сварка высокомарганцовистой и углеродистой стали // Сварочное производство. – 1993. – № 2. – С. 10–12.
4. Синадский Н.А., Генкин И.З., Турбина А.П. Сварка крестовин с рельсами // Путь и путевое хозяйство. – 1994. – № 4. – С. 11–14.
5. Бивалькевич А.А. Надежности сварных соединений рельсовой стали со сталью Гадфильда // Материалы докладов региональной научной конференции молодых ученых «Наука. Технология. Инновации». Ч. 2. – Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2003. – С. 124-25.
6. Бивалькевич А.А. Выявление причин разрушения сварного соединения крестовины из стали Гадфильда с рельсовыми окончаниями // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Наука. Промышленность. Оборона». – Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2004. – С. 135.

Новосибирский государственный технический университет