

УДК 621.721: 621.643

Оценка качества сварных соединений по эталонам структуры

Л.М. Выбойщик, канд. тех. наук, ООО фирма "Самараконтрольсервис", г. Тольятти

Н.Л. Сопин, эксперт, ООО фирма «Самараконтрольсервис», г. Самара

М.И. Колосовский, эксперт, ООО фирма «Самараконтрольсервис», г. Новый Уренгой

Е.И.Ермольчик, главный инженер , Красноярский филиал ФГУП ВО «Безопасность», г.Красноярск

А.С.Абуздин, ведущий инженер, Красноярский филиал ФГУП ВО «Безопасность», г.Красноярск

Аннотация

В статье приведены эталоны структур сварных соединений, разработанные для контроля качества сварных труб. Эталон представляет структурное состояние сварного соединения, которое по результатам испытаний обеспечивает наиболее высокую стойкость металла к коррозионно-механическому разрушению.

Ключевые слова: коррозионная стойкость, сульфидное коррозионное растрескивание , остаточные напряжения, коррозионное растрескивание , углеродистые стали, малолегированные стали, нефтепромысловые трубы.

Высокая коррозионная агрессивность нефтедобываемых сред определяет повышение уровня требований к качеству свариваемого металла и сварных соединений по механическим свойствам, хладостойкости и коррозионной стойкости. Только для характеристики сопротивления коррозионному разрушению металла в агрессивных нефтедобываемых средах требуются испытания на сопротивление водородному растрескиванию, сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением, а также на сопротивление общей, бактериальной и углекислотной коррозии, последняя из которых может проявляться в наиболее агрессивной форме в виде язвенной или мейза-коррозии и требует

дополнительных исследований. Сварные соединения, как места преимущественного разрушения, должны подвергаться более тщательному контролю, проводить который, в следствии локальности соединений, более трудно чем испытания основного металла. Возросший поток необходимых специальных испытаний требует разработки обобщенных критериев более простой оценки эксплуатационной надежности сварных соединений труб.

По нашему мнению, такими критериями являются характеристики макро- и микроскопического строения соединения (эталонные структуры сварного соединения), несоответствие которым является признаком недостаточной эксплуатационной надежности изделия. Разработка эталонных структур должна основываться на многочисленных сравнительных оценках механических и коррозионных свойств сварных соединений и их структурного состояния. За эталон структуры принимается то структурное состояние, которое по данным проводимых исследований и результатам эксплуатации обеспечивает наибольшую стойкость сварных соединений к развитию коррозионно-механического разрушения. Естественно соответствие структуры сварного соединения эталонной структуре должно являться надежным критерием работоспособности сварного соединения.

Существующие технологические рекомендации по производству труб ВЧС в основном сводятся к исключению наиболее опасных дефектов сварного соединения (трещины, непровары, грубые неметаллические включения, смещение кромок) и образованию постоянного по форме минимального грата. Вопросы получения оптимальных по структуре и размерам структурных зон сварного соединения практически не рассматриваются.

Методика оценки качества изделий по эталонам структуры не нова и применяется в практике машиностроительных и металлургических производств. Для сварочного производства она затруднена из-за необходимости рассмотрения структуры всех характерных зон сварного

соединения. Первые попытки использовать характеристики макроструктуры как критерий оценки качества сварного соединения при ВЧС труб среднего диаметра из низкоуглеродистых и низколегированных сталей сделана в работе [1], авторы которой считают оптимальными следующие количественные характеристики макроструктуры: ширина зоны сплавления от 0,15 – до 0,30 мм, угол загиба волокон, выходящих на поверхность, $30-60^{\circ}$, ширина переходной зоны не более 0,1 мм и отсутствие повышенной травимости этой зоны. Размер зоны сплавления и изгиб волокон характеризуют правильность выбранных режимов нагрева и величины осадки, повышенная травимость качественно свидетельствует об отличии структуры сварного соединения и основного металла.

Нами предлагается оценивать структуру сварного соединения на двух масштабных уровнях: по макро- и микроструктуре соединения. Для низко и среднелегированных трубных сталей (сталей с дисперсионным упрочнением второй фазой) необходим дополнительный микроанализ дисперсности и распределения карбидной фазы, который также проводится по эталону структуры, но при большем увеличении.

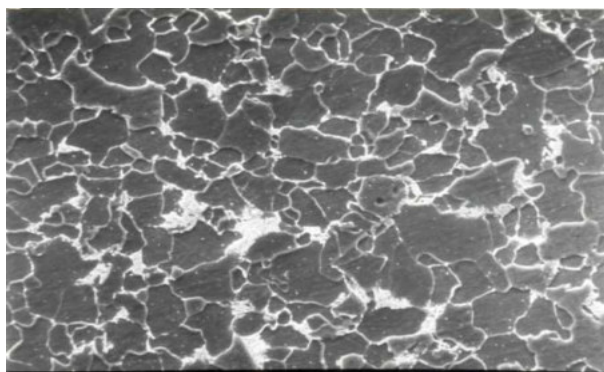
Макроуровень устанавливает соответствие с эталоном макроструктуры сварного соединения и предусматривает оценку размеров всего соединения и его характерных зон, расположения волокон, наличие грубых сварочных дефектов (поры, трещины, непровары) и смещение кромок трубы. Наличие отклонений от принятых параметров макроструктуры свидетельствуют о грубых нарушениях технологии сборки и сварки (температура, термический цикл сварки, схема формовки трубы, усилия обжатия и др.).

Микроуровень устанавливает несоответствие с эталоном структурных зон сварного соединения. Эталон структуры представляет структурное состояние обеспечивающие высокую работоспособность сварного соединения и всего изделия в условиях эксплуатации; значительные отклонения от него по структуре, фазовому составу, размеру зерна,

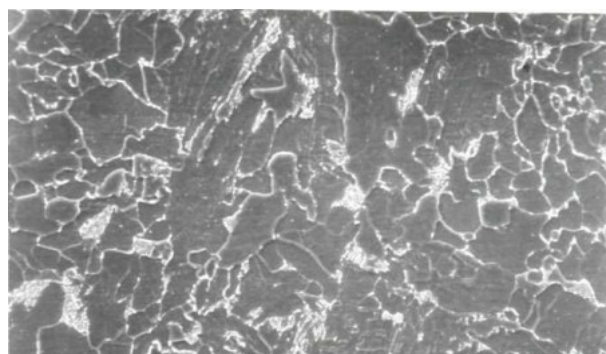
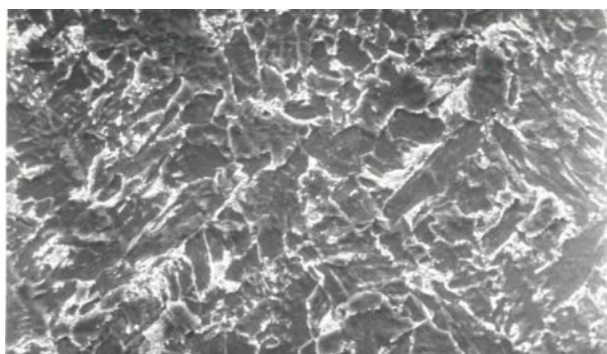
дисперсности карбидной фазы и другим характеристикам микроскопического строения свидетельствуют о снижении работоспособности сварных труб.

В качестве примера на рис.1-3 приведены эталоны структур свариваемого металла и структурных зон сварных соединений ВЧС труб $\varnothing 219 \times 8$ мм из стали 13ХФА без и после отпуска (рис.1,2), а также приведено распределение карбидной фазы в переходной зоне сварного соединения (рис.3). Обычно эталон дополнительно сопровождается подробным описанием особенностей представленного структурного состояния. Разработка этих эталонов является результатом многочисленных исследований, проведенных в работах [2,3] по определению структурного состояния, обеспечивающего наибольшее сопротивление металла коррозионно-механическому разрушению.

Свариваемый металл



Сварное соединение



а

б

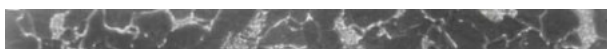
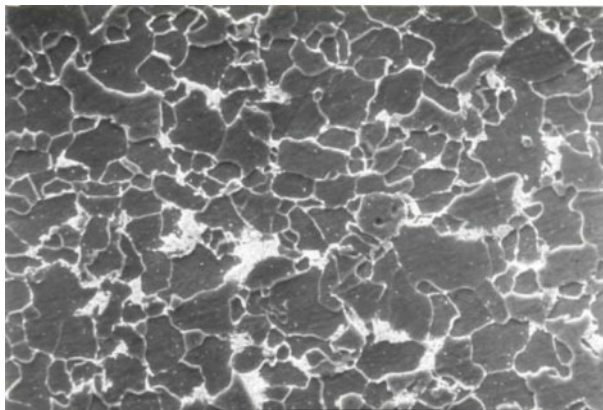
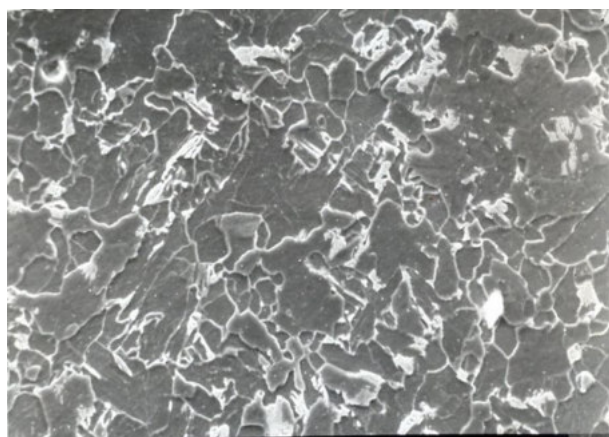


Рис. 1. Эталоны структуры характерных зон сварного соединения труб из стали 13ХФА без термической обработки $\times 1000$: а - зона сплавления; б – переходная зона; в – зона крупных кристаллов; г – зона мелких кристаллов.

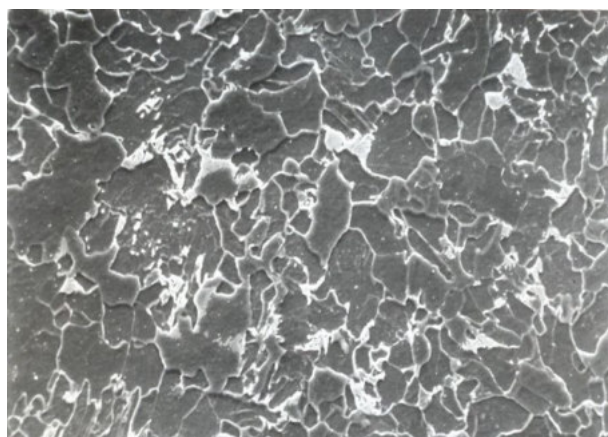
Свариваемый металл



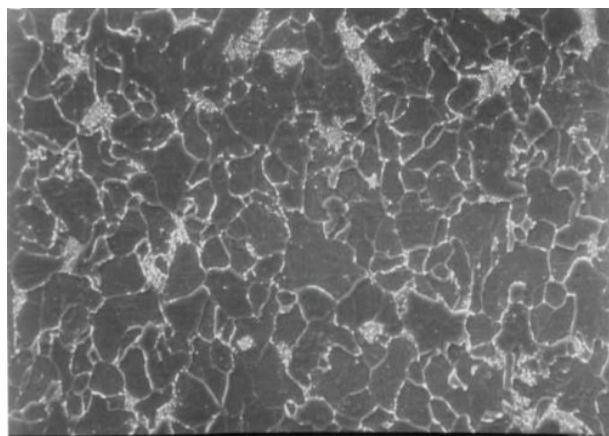
Сварное соединение



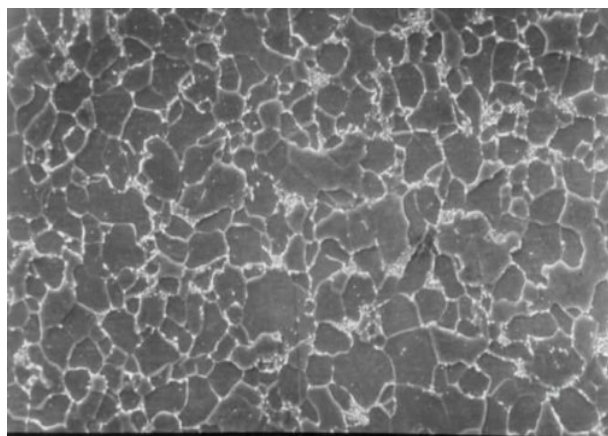
а



б



в



г

Рис. 2. Эталоны структуры характерных зон сварного соединения труб из стали 13ХФА после отпуска 720°С x1000: а - зона сплавления; б – переходная зона; в – зона крупных кристаллов; г – зона мелких кристаллов.

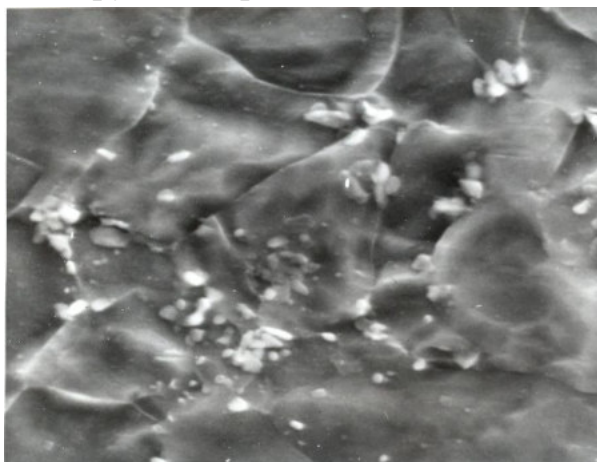


Рис. 3. Карбидная фаза в переходной зоне сварного соединения труб из стали 13ХФА после отпуска (x10000). Эталон дисперсности и распределения карбидной фазы

По нашему мнению, введение системы эталонов структуры сварных соединений труб на заводах изготовителях и при приемке заказчиком продукции позволит повысить качество сварных труб. Соответствие сварных соединений требованиям и эталону микроструктур характерных зон соединения обеспечивает высокую надежность эксплуатации труб в H₂S-содержащих средах.

Литература:

1. Можаренко И.П. Предупреждение появления трещин при сварке ТВЧ в соединениях труб из низкоуглеродистых и низколегированных сталей / И.П. Можаренко, А.Д. Ветлянская, С.Ф. Куприй и др. // Сварочное производство. 1988. №7. С. 9-11.
2. Выбойщик Л.М. Обеспечение прочностных и коррозионных свойств сварных соединений нефтепромысловых труб на уровне свариваемого металла: Дис. канд. техн. наук / Л.М. Выбойщик – Тула, 2009. – 172 с.
3. Выбойщик Л.М. Структурный фактор коррозионно-механической

прочности сварных соединений нефтепромысловых труб / Л.М. Выбойщик,
Р.С. Лучкин, С.Ю. Платонов // Сварочное производство. - 2008. - №6. - С.12-
16.