

Исследование возможности применения биметаллического листового проката X70+316L для изготовления коррозионно-стойких фасонных изделий ТЭК



П.Е. Юдин
генеральный директор
ООО «Научно-
производственный
центр «Самара»



С.С. Петров
к.ф.-м.н., ведущий
научный сотрудник
ООО «Научно-
производственный
центр «Самара»



А.В. Федотова
ведущий инженер-
технолог ОАО
«Трубодеталь»,
Челябинск

► Ключевые слова / keywords:

- биметалл, фасонные изделия ТЭК, нержавеющая сталь, коррозионная стойкость
- compound metal, shaped objects of fuel and energy complex, stainless steel, corrosive resistance



Н.В. Елистратова
инженер-технолог
ОАО «Трубодеталь»,
Челябинск



Ю.М. Марков
к.т.н., доцент, ФГБОУ
ВПО «Самарский
государственный
технический
университет»

В работе исследована возможность применения биметаллического листового проката X70+316L для изготовления фасонных изделий, используемых в коррозионно-активных средах. Показано, что применение биметаллов позволяет эксплуатировать изделия без ограничения по температурам, стойкости к абразивному износу, концентрациям сероводорода и других факторов, встречающихся на нефтяных промыслах.

Введение

Ни для кого не секрет, что трубопроводы из обычных марок сталей, эксплуатируемые на нефтегазовых месторождениях, подвержены коррозии, порой протекающей с катастрофической скоростью [1]. Трубопроводы из нержавеющей сталей имеют большую коррозионную стойкость в сравнении с обычными конструкционными сталями [2], но в разы превосходят их по стоимости. Дилемма выбора между трубами из сталей обычных и нержавеющей марок актуальна как для производителей трубной продукции, так и компании нефтегазового комплекса. В связи с этим к трубам из нержавеющей марок сталей предъявляются жесткие требования по показателям коррозионной стойкости и качеству изготовления.

В 2011 году ОАО «Трубодеталь» в рамках НИОКР была открыта тема «Исследование возможностей изготовления соединительных деталей трубопровода (СДТ) из биметаллической заготовки». Исследование планировалось проводить в 2 этапа:

- изготовление деталей трубопроводов из биметаллической трубы (2011 год);
- изготовление СДТ из плакированного листа (2012 год).

В результате опытным путем были получены первые образцы уникальной продукции из биметаллического листового проката X70+316L: отвод крутоизогнутый штамповарной ОКШ 720, тройник штамповарной неравнопроходной ТШС 530x219 и тройник штамповарной равнопроходной ТШС 530x530.

С целью установления качества листового проката и полученных из него изделий ООО «Научно-Производственный Центр «Самара»» по заказу ОАО «Трубодеталь» были проведены исследования их механических и коррозионных свойств.

Методика исследования

Коррозионные и механические испытания плакирующего слоя биметаллического листового проката X70+316L проводились в два этапа: 1) испытание образцов биметаллических заготовок в исходном состоянии (состоянии поставки); и 2) для образцов биметалла, вырезанных из готовых фасонных изделий, в зонах максимальных деформаций по наружному и внутреннему радиусу ОКШ 720, а также наиболее деформи-

рованных участков ТШС 530x219 и ТШС 530x530 (кроме горловины и переходной части горловины).

Методика исследования полученных образцов включала в себя следующие виды испытаний:

- испытания на срез по ГОСТ 10885 до и после испытания на термоциклирование (циклическое изменение температуры);
- испытания плакирующего слоя на стойкость к водородному растрескиванию (ВР) по стандарту NACE TM 0284;
- определение стойкости плакирующего слоя к межкристаллитной коррозии (МКК) (ГОСТ 6032);
- испытание плакирующего слоя на стойкость к сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением (СКРН) при четырехточечном нагружении (ASTM G 39).

Для испытаний на срез и определения устойчивости к циклическому изменению температуры были изготовлены две группы образцов. С целью выявления изменений в силе сцепления покрытия с основным металлом под воздействием термоциклирования, одну из групп оставляли в качестве контрольной, а для второй проводилось испытание на срез после термоциклирования. Для проведения термоциклирования образцы помещали в сушильный шкаф и выдерживали при температуре $200 \pm 4^\circ\text{C}$ в течение 1 ч, затем их переносили в морозильную камеру и выдерживали при минус $60 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 1 ч. После этого образцы извлекали из морозильной камеры, выдерживали при температуре $20 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 15 мин и оценивали внешний вид испытуемых образцов. В общей сложности испытание включало 15 таких циклов.

Для испытания на стойкость к водородному растрескиванию были изготовлены 3 образца. Время испытания составило 96 ч, температура $25 \pm 3^\circ\text{C}$. По завершении испытаний, для каждого образца был изготовлен и исследован металлографический шлиф сечения слоя нержавеющей стали в продольном направлении.

Для определения стойкости плакирующего слоя к межкристаллитной коррозии были изготовлены 2 образца плакирующего слоя биметаллической заготовки. Затем оба образца прошли предварительную химическую подготовку поверхности, и один из них подвергся коррозионным испытаниям в течение 20 ч. После проведения коррозионного испытания для выявления межкристаллитной коррозии оба образца были изогну-

ты на 90° и исследованы на наличие трещин, обнаруживаемых невооруженным глазом и при увеличении 10 крат.

Испытания на стойкость к СКРН проводили по следующей методике: образец плакирующего слоя нагружался до величины напряжения, составляющей 90% от предела текучести материала, помещался в испытательную среду NACE TM 0284 по методу А, где выдерживался в течение 720 ч. Так как образцы биметалла готовых изделий отбирались из наиболее деформированных областей изделия, заготовку для образцов потребовалось выпрямлять и разравнивать на прессе. Последующая подготовка образцов проводилась в соответствии с ASTM G 39. Для исключения воздействия испытательной среды на поверхность основного металла и искажения результатов эксперимента образцы защищали антикоррозионными покрытиями. После завершения испытаний проводилось обследование поверхности образца (невооруженным глазом) и металлографического шлифа (при увеличении 100 крат) поперечного сечения плакирующего слоя и основного металла, изготовленного в продольном направлении испытуемой пластины.

Результаты испытаний

В ходе испытания образцов листового проката X70+316L в исходном состоянии были получены следующие результаты:

Испытанные на срез образцы как первой, так и второй групп показали отсутствие разрушения даже при величине нагружения в 600 МПа, значительно превышающей необходимую величину 150 МПа (согласно ГОСТ 10885).

Осмотр образцов и шлифов после испытания на водородное растрескива-

ние показал отсутствие трещин ВР (CLR=0%, CTR=0%).

Испытания на стойкость к межкристаллитной коррозии плакирующего слоя биметалла также показало отсутствие трещин, что свидетельствует о высокой стойкости плакирующего слоя к МКК.

После завершения испытаний на стойкость к сульфидному коррозионному растрескиванию под напряжением был проведен визуальный осмотр образца, который показал отсутствие объемных продуктов коррозии и трещин на поверхности плакирующего слоя и основного металла, защищенного антикоррозионным покрытием (рис. 1). Испытания на СКРН образцы выдержали без разрушения. Наличие трещин СКРН не обнаружено (рис. 2), при этом наблюдаются неглубокие следы вытравливания поверхности в перпендикулярном направлении шлифа.

Исследования стойкости плакирующего слоя к агрессивным средам готовых фасонных изделий производились на образцах, вырезанных из зон максимальной деформации по наружному и внутреннему радиусу ОКШ 720, а также наиболее деформированных участков ТШС 530x219 и ТШС 530x530: кромке горловины и переходной части горловины.

В данной работе представлены результаты испытания для образцов из ТШС 530x530, т.к. при изготовлении данного изделия материал плакирующего слоя подвергается максимальной деформации и наиболее длительному воздействию повышенных температур.

Испытания на срез обеих групп образцов показали прекрасную устойчивость к действию нагрузки: практически все образцы выдерживали напряжение в 600 МПа, и лишь на одном образ-



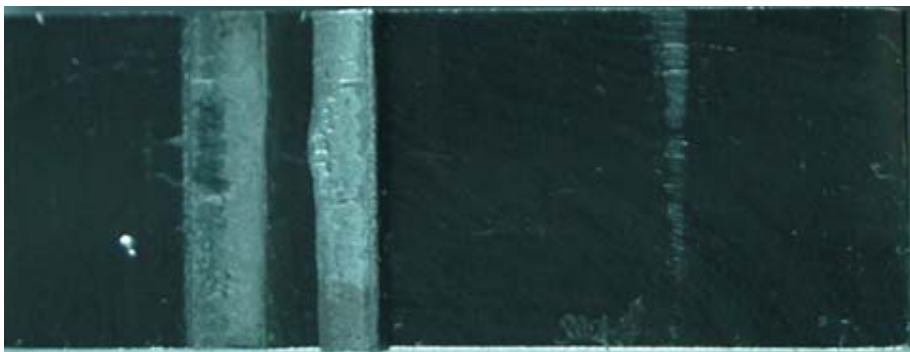
рисунки 1.

Вид границы раздела «основной металл»–«плакирующий слой» образца листового проката X70+316L после испытания на СКРН

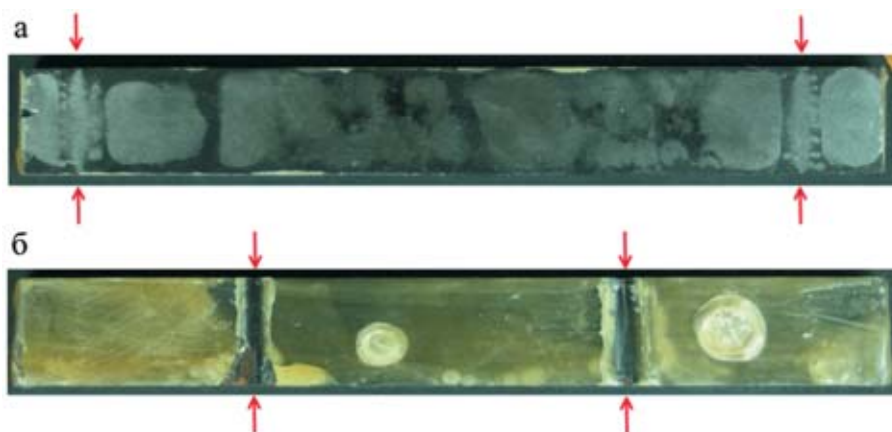


рисунки 2.

Вид границы раздела «основной металл»–«плакирующий слой» образца листового проката X70+316L после испытания на СКРН при увеличении x100


рисунок 3.

Вид образца биметалла X70+316L изделия ТШС 530x530, прошедшего испытания на срез при нагрузке 580 МПа после термоциклирования


рисунок 4.

Образец биметалла X70+316L изделия ТШС 530x530 после испытания на СКРН: а) плакирующий слой, б) обратная сторона (основной металл), покрытая антикоррозионным покрытием. Стрелками отмечены места контакта образца с упорами

це (после термоциклирования) произошел отрыв плакирующего слоя (рис. 3) при нагрузке 580 МПа.

В результате испытания на стойкость к водородному растрескиванию трещин ВР не обнаружено (CLR=0%, CTR=0%).

Испытания на стойкость к межкристаллитной коррозии образцы также выдержали без разрушения.

Наличие трещин СКРН не обнаружено (рис. 4).

Обсуждение результатов

Изготовление отводов и тройников является сложным многостадийным процессом. Технология их производства предполагает использование объемных и локальных нагревов до температуры 1000°C, деформацию до 20% с последующей сваркой частей деталей. Все эти процессы сопровождаются структурными и фазовыми изменениями в материале основного металла и плакирующего слоя, которые могут неблагоприятно сказаться на его качестве, а также механических, коррозионных и эксплуатационных свойствах. В связи с этим перед использованием листового проката X70+316L очень важно установить приемлемость его ис-

пользования в качестве материала для изготовления коррозионностойких фасонных изделий ТЭЖ. Благодаря результатам испытаний, проведенным на первом этапе, эта задача была полностью решена. Так как плакирующий слой листового проката X70+316L обладает превосходными механическими свойствами, которые сохраняются после резких циклических перепадов температуры, стоек к появлению и развитию межкристаллитной коррозии, водородному растрескиванию, выдерживает воздействие коррозионно-активной среды (даже при нагружении до 90% от предела текучести материала), было сделано заключение, что данный материал может быть с уверенностью использован для целей производства.

На втором этапе исследований полученное на первом этапе заключение полностью подтвердилось. Несмотря на значительные воздействия на материал плакирующего слоя (деформация, термообработка и уменьшение толщины плакирующего слоя на 20%) механические свойства остались на высоком уровне, стойкость к водородному растрескиванию, МКК и СКРН не ухудшились. Это означает, что технологические процессы

ВЫВОДЫ



Применение фасонных изделий, изготовленных по предложенной ОАО «Трубодеталь» технологии из листового проката X70+316L, возможно практически в любых агрессивных средах, встречающихся на нефтяных промыслах. Наличие надежного плакирующего слоя биметалла позволяет эксплуатировать изделия без ограничения по температурам, наличию абразивных частиц, концентрациям сероводорода и других факторов – столь критичных для трубопроводов нефтяных промыслов.

изготовления фасонных изделий не приводят к выпадению богатых хромом фаз (карбидов хрома, σ -фаз или других интерметаллических фаз) и уменьшению концентрации хрома на границах зерен. А выполнение данного условия обеспечивает сохранение высокой коррозионной стойкости плакирующего слоя.

1. Родионова И.Г., Быков А.А., Бакланова О.Н. Перспективы использования биметаллической и многослойной металлопродукции для защиты оборудования и коммуникаций от коррозии // Практика противокоррозионной защиты, 1998. № 3. С. 50–55.
2. Вахрушева В.С., Дергач Т.А., Сухомлин Г.Д. О современных требованиях к коррозионной стойкости труб из особо низкоуглеродистых нержавеющей сталей для атомной энергетики // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение, 2008. № 2. С. 73–77.
3. ГОСТ 10885-85. Сталь листовая горячекатаная двухслойная коррозионно-стойкая. Технические условия. Введ. 1986-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1985.
4. NACE Standard TM0284-2003. Evaluation of Pipeline and Pressure Vessel Steels for Resistance to Hydrogen-Induced Cracking. NACE International, 2003.
5. ГОСТ 6032-2003. Стали и сплавы коррозионно-стойкие. Методы испытаний на стойкость к межкристаллитной коррозии. М.: Изд-во стандартов, 2004.
6. ASTM G 39 Standard Practice for Preparation and Use of Bent-Beam Stress-Corrosion Test Specimens. ASTM International, 2005.
7. ГОСТ 9.409-88. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию нефтепродуктов. Введ. 1989-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1988.