

УДК 621. 791.92
ЗАМЕДЛЕННОЕ РАЗРУШЕНИЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЕЙ
РАЗНЫХ СТРУКТУРНЫХ КЛАССОВ

А. Г. ЛУПАЧЕВ, Е. А. ФЕТИСОВА, И. В. ВОЛОВИЧ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОАО «Мозырский НПЗ»
Могилев, Мозырь, Беларусь

В нефтехимическом производстве широкое применение находит сталь 15X5M. Эта сталь по СТБ ISO 15608 соответствует группе 6.3 и при сварке склонна к образованию холодных трещин, возникающих по механизму хладноломкости или замедленного разрушения. Поэтому сварку таких сталей выполняют с предварительным подогревом и последующей термической обработкой.

При изготовлении сварных конструкций, применяемых в нефтехимии, часто приходится сталкиваться с ситуацией, когда невозможно выполнить термическую обработку. В этом случае сварку выполняют аустенитными сварочными материалами с содержанием никеля более 60 %, т.е. образуется сварное соединение разных структурных классов.

Подобные соединения встречаются также в современных блоках тепловых электростанций, в атомных энергетических и силовых установках.

Задача получения качественных сварных соединений разнородных сталей, хотя и непростая, но разрешима и к настоящему времени неплохо выполняется. Значительно сложнее обеспечить эксплуатационную надежность такого сварного соединения. Поскольку они длительно (15...25 лет) эксплуатируются при высоких нагрузках в условиях нестационарного температурного поля и коррозионно-активных средах. Например, на Мозырском НПЗ длительно эксплуатируется технологический трубопровод транспортирующий водород в смеси с парами бензина при давлении водорода 3,2 МПа и температуре 530 °С. Трубопровод изготовлен из перлитной стали 15X5M, сварные соединения выполнены электродами АНЖР-2. Химический состав материалов приведен в табл. 1.

Табл. 1. Химический состав материалов, %

Марка	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Ti	W	S	P
15X5M	0,15	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,6	5,0	0,5	≤ 0,03	0,3	≤ 0,025	≤ 0,03
АНЖР-1	0,11	2,0	0,45	59,0	24	10	≤ 0,1	-	≤ 0,016	≤ 0,02

Имеется немало фактов разрушения в процессе работы разнородных сварных соединений из аустенитных сталей с перлитными. Известно, что одной из главных причин разрушения таких соединений, является восходящая диффузия углерода из перлитной стали в аустенитный наплавленный металл. Причиной восходящей диффузии углерода является различие в концентрации хрома в перлитной и аустенитной сталях. В результате массопереноса углерода в перлитной стали образуется

обезуглероженный слой, а за зоной сплавления со стороны аустенитной стали концентрация углерода возрастает. Нестационарное температурное и силовое воздействие на такое сварное соединение приводит к образованию трещин либо в разупрочненном слое перлитной стали, либо в хрупком науглероженном слое в аустенитном шве.

Чтобы уменьшить диффузионное перемещение углерода при сварке и в процессе эксплуатации разнородных соединений перлитную сталь следует легировать более энергичными, чем хром, карбидообразующими элементами, например, титаном или ниобием. При наличии в составе перлитной стали титана и (или) ниобия, углерод будет связан в устойчивые карбиды и не будет диффундировать навстречу хрому. Однако теплоустойчивую сталь 15X5M не легируют этими элементами.

Поэтому снизить количество диффундирующего через линию сплавления углерода можно путем уменьшения его количества находящегося в твердом растворе. Достигается это перестариванием участков сварного соединения со стороны перлитной стали до выполнения сварного соединения. При перестаривании углерод связывается в стойкие карбиды хрома и при последующем воздействии сварочного термического цикла карбиды полностью не успевают раствориться и углерод не переходит в твердый раствор. Таким образом, участки сварного соединения, непосредственно прилегающие к линии сплавления, обеднены структурно свободным углеродом со стороны перлитной стали.

Продлить работоспособное состояние разнородных сварных соединений можно также технологическими мероприятиями. Эффективное влияние оказывает слой из высоко никелевого сплава предварительно наплавляемого на кромки соединяемых элементов перед сваркой.

Экспериментально установлено, что трещины замедленного разрушения зарождаются в районе корня шва в разнородном соединении и распространяются вдоль линии сплавления на наружную поверхность. Уменьшить степень повреждаемости границы сплавления достигают путем увеличения угла разделки под сварку со стороны перлитной стали.

Дело в том, что с увеличением угла разделки протяженность зоны неоднородности существенно повышается, а степень насыщения ее диффундирующим углеродом уменьшается. Это снижает опасность хрупкого разрушения разнородного сварного соединения.

С целью повышения работоспособности разнородных сварных соединений при их длительной эксплуатации, необходимо применять сварочные материалы системы легирования Cr-Ni-Mo-Nb.

Наплавленный металл такого химического состава обладает высокой пластичностью, энергией зарождения и развития трещин, что не приведет разнородное сварное соединение в хрупкое состояние.