

**Исследование хладноломкости сварных соединений в зимнее время**

Е.О. Почебыт, А.Р. Хасанов, Университет ИТМО, Санкт-Петербург

Научный руководитель докт. техн. наук Б.С. Ермаков, Университет ИТМО, Санкт-Петербург

Современная промышленность стремится к росту единичной мощности оборудования, интенсификации технологических процессов выпуска готовой продукции, снижению металлоемкости и степени нагруженности ответственных узлов аппаратов и установок газовой и нефтяной отраслей промышленности. При этом существенно увеличивается уровень капитальных вложений, а, следовательно, и требования к надежности и гарантированному сроку службы оборудования. При обеспечении требуемой эксплуатационной надежности приходится учитывать необходимое повышение технологических параметров оборудования, таких как рост давления и температуры, а в случае установки этого оборудования на открытых площадках, ужесточение температурного цикла.

**Целью работы** является оценка влияния низких температур на работоспособность элементов конструкций бурового оборудования.

К числу наиболее распространенных причин ускоренного выхода оборудования относится задержанное разрушение, а именно возникновение и развитие холодных трещин в местах сварки изделий. При ускоренном охлаждении этих зон в материале оборудования возникают структуры мартенситного типа, резко снижающие сопротивление хрупкому разрушению металла.

Представления о природе холодных трещин в течение длительного времени основывались на закалочной и водородной гипотезах. Обе гипотезы опирались на теорию хрупкого разрушения Гриффитса, которая предполагает существование в металле готовых зародышевых трещин. Каждая такая трещина - своеобразный концентратор напряжений, резко повышающий напряжения в определенном объеме, главным образом, примыкающим к вершине трещины. Величина напряжения в определенных условиях будет достигать значения теоретической прочности.

В данной работе было исследовано образование трещины в околошовной зоне сварного соединения элементов конструкции бурового оборудования. Исследуемым объектом является ресивер сжатого (технического) воздуха, изготовленный из Ст.3сп. Объем ресивера 18 м<sup>3</sup>, рабочее давление 8 ата. Ресивер установлен на открытом воздухе. Температурный режим региона в интервале от плюс 40 до минус 43 С. В декабре 2017 г. при осмотре ресивера в зоне Т-образного сварного шва была обнаружена трещина длиной около 95 мм и глубиной более 4 мм, при фактической толщине стенки сосуда – 7,5 мм. Учитывая сложность замены оборудования, было принято решение выполнить ремонт ресивера в «полевых» условиях. Ремонт проводили при температуре воздуха минус 18 °С путем установки заплат из того же материала с помощью однопроводной ручной дуговой сварки электродом УОНИ 13/45. В феврале 2018 г. при температуре наружного воздуха минус 32 °С произошло хрупкое разрушение в зоне ремонтной заплаты ресивера. Зона разрушения располагалась на расстоянии около 7 мм от оси шва. Для определения причины разрушения были проведены исследования поверхностей разрушения металла и выполнены контрольные испытания ударной вязкости с целью определения температуры хладноломкости металла сварного соединения. Фрактографическими исследованиями было показано, что развитие трещины происходило по механизму хрупкого транскристаллитного разрушения (см. рис).

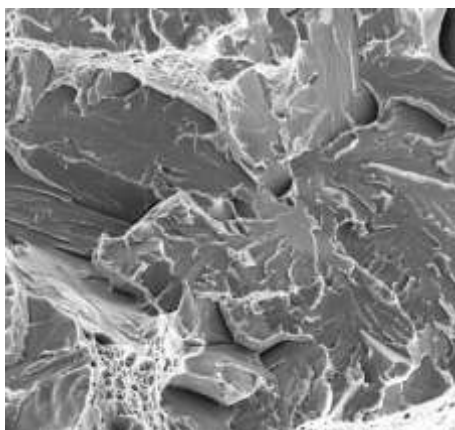


Рис. Поверхность разрушения металла ресивера

Оценка хладноломкости сварного соединения была выполнена с использованием пробы Чабелки. Проба Ю. Чабелки была предложена для оценки изменений ударной вязкости малоуглеродистой стали в участке старения зоны термического влияния. Она заключается в сварке встык пластин средней толщины за один проход. Поперек шва вырезают образцы типа Менаже с таким расчетом, чтобы надрезы их располагались на различном расстоянии от границы сплавления шва с основным металлом. По результатам испытаний строят диаграмму изменения ударной вязкости металла зоны термического влияния в зависимости от расстояния от границы шва. В результате испытаний были получены две зависимости - зависимость ударной вязкости от расстояния до границы сплавления; и зависимость температуры хрупкого перехода от температуры окружающей среды.

Было показано, что переходная температура хрупкости ( $T_{50}$ ) в зоне сварного шва и термического влияния сварного соединения колеблется в пределах от минус 39 до минус 11 °С.  $T_{50} = - 11$  °С располагается на расстоянии 6-8 мм от оси сварного шва, то есть именно там, где произошло зарождение и развитие дефекта.

Было установлено, что причиной разрушения явилось ускоренное охлаждение металла сварного соединения при ремонтной сварке при отрицательных температурах, что привело к возникновению в структуре стали игольчатых структур, развивающихся по типу структур Видманштетта. По результатам исследования были даны рекомендации об изменении технологии сварочных работ при отрицательных температурах.