

ПРИЧИНЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

В. И. Муравьев, С. И. Лукьянов, А. А. Евстигнеев, П. В. Бахматов
Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет,
г. Комсомольск-на-Амуре, Россия

В работе проводились исследования наиболее характерных участков разрушенных трубопроводов и возможные варианты их исключения.

Всесторонним исследованиям подвергались разрушенные переходники теплообменного аппарата трубопроводных систем переработки нефтепродуктов на установке первичной переработки нефти.

Главной продукт (прямогонный бензин) из атмосферной колонны поступает в аппарат воздушного охлаждения с температурой ($133,44^{\circ}\text{C}$ расчетное) $\sim 140^{\circ}\text{C}$ под давлением $P = 0,7 \text{ кгс/см}^2$. Один из характерных разрушенных участков ТСПН приведен на рисунке 1.

Макрофрактографию разрушения переходника исследовали на растровом электронном микроскопе «JEOL» JISM 5600 с энергодисперсионным микроанализатором «ENERGY», макро- и микроструктуру – на оп-

тическом микроскопе «Neophot-21» и металлографическом комплексе фирмы «Карл Цейс». Химический состав образцов определяли на мобильном – эмиссионном анализаторе «ARK-met» фирмы «PPM-System».

Содержание водорода определяли на газоанализаторе ONH-2000 «ELTRA», углерода – на экспрессанализаторе «АН-8012».

Локально неравномерное разрушение наблюдается и в самом пораженном коррозионной участке (рисунок 1). Неравномерное коррозионное разрушение проявляется в виде сферических лунок, образующих цепочки, ориентированных в направлении движения рабочей жидкости (рисунок 1, б, г). Глубина и размеры сферических лунок различны и могут быть как поверхностными, так и сквозными, последние являются зародышами образования трещины (таблица 1).

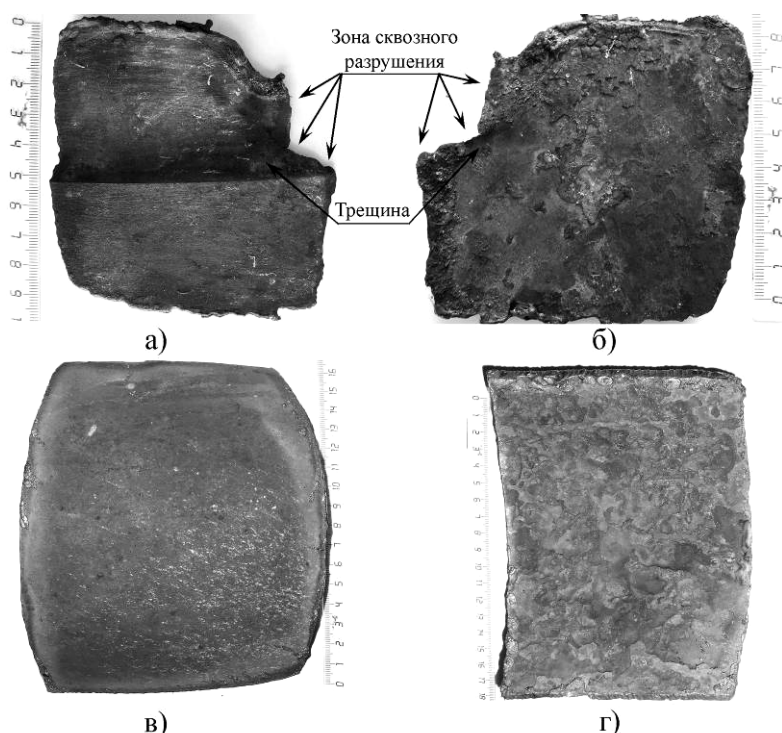
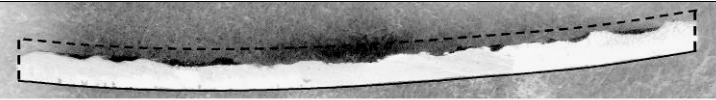
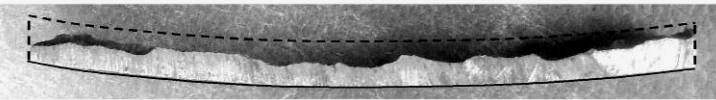


Рисунок 1 – Вид разрушения входного (а, б) и выходного (в, г) патрубков ТСПН: а, в – наружная сторона, б, г – внутренняя сторона патрубков

ПРИЧИНЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ
ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Таблица 1 – Коррозионное разрушение выходного патрубка в различных зонах

№ сечения	Параметры коррозионного разрушения		Локальное коррозионное разрушение выходного патрубка в сечении 1, 2, 3, 4 (рисунок 1, г)
	Диаметр сферической лунки, мм	Толщина стенки, мм	
1	$\frac{0,65 - 17,6}{5,2}$	$\frac{3,6 - 6,4}{4,15}$	 1)
2	$\frac{1,6 - 12,8}{5,9}$	$\frac{2,4 - 6,4}{4,45}$	 2)
3	$\frac{1,6 - 15,2}{6,1}$	$\frac{1,2 - 4,8}{3,0}$	 3)
4	$\frac{1,2 - 15,2}{6,3}$	$\frac{1,45 - 4,0}{2,5}$	 4)
Примечание: в числителе минимальные и максимальные значения, в знаменателе – среднеарифметические.			

Зона повышенного коррозионного износа характеризуется неравномерностью по окружности, приводя к разнотолщинности патрубка вплоть до нулевой.

Результаты химического анализа дефектных патрубков показывают, что содержание углерода соответствует норме, кремния и серы – несколько завышено, а концентрация водорода, особенно подвижного, существенно превышает допустимое значение.

Микротвердость основного металла составляет $H_v=197-217$ МПа, а в зоне, подверженного питтингом, – $H_v=265-370$ МПа.

Микроструктура материала патрубков характеризуется ферритно-перлитной полосчатостью, нестабильностью и аномальностью величины зерна (крупные конгломераты и отдельные зерна). По центру ферритной полосчатости видны продолговатые остроконечные сульфидные включения. Перлитные зерна формируются по границам ферритных, это наиболее выражено просматривается в зонах схождения трех границ ферритных кристаллитов.

По внешнему виду атмосферная коррозия трубопроводных систем не приводит к существенному изменению макрорельефа поверхности (рисунок 2 а, в), на которой сохраняются следы механической обработки и опескоструивания, однако на микроструктуре следы коррозионного процесса четко проявляются в виде оксидной пленки, равномерно

распределенной по всей поверхности в соответствии с рельефом, сформированном при изготовлении трубопровода. Распространение коррозии осуществляется по границам преимущественно перлитных зерен, и практически отсутствует локализация некоррозионного разрушения.

Внутренняя рабочая сторона ТСПН за исключением отдельных участков покрыта равномерной оксидной и сульфидной пленкой, повторяющей макрорельеф поверхности и обеспечивающей определенную защиту от коррозионного разрушения. Участки повышенного износа локализуются вблизи конструктивных элементов, которые создают гидравлические условия для развития турбулентных потоков.

Высокие скорости движения жидкостного потока, завихрения, местная турбулизация и кавитация потока могут с одной стороны вызывать механический срыв образующихся непрочных и обладающих невысокой адгезией к металлу продуктов коррозии, с другой при наличии влаги вызвать кавитационно-эрозионное разрушение.

Сильное коррозионное повреждение входных и выходных патрубков происходит за короткий промежуток времени от двух до восьми месяцев эксплуатации, а ответственная часть трубопровода за фланцевым

соединением может сохранять свои эксплуатационные свойства десятки лет.

Незначительное повышение микротвердости в поверхностной зоне вызвано кавитационным воздействием потока головного продукта содержащего влагу, и особенно в температурном интервале 40–60 °С.

Электронная микроскопия поверхности коррозионного разрушения, показывает, что характер разрушения металла под продуктами коррозии, так и самих продуктов коррозии различаются размерами трещин и микротрещин на несколько порядков. Отделение продуктов коррозии происходит целыми конгломератами. На поверхности металла в первоначальный момент формируются вздутия величиной в 15–25 мкм с последующим образованием микротрещин.

Разрушение происходит как вдоль, так и поперек ферритно-перлитных полос, совпадающих с направлением прессования. Максимальная глубина трещин, заполненных продуктами коррозии, наблюдается в зонах углублений. Разрушение носит межкристаллитный и транскристаллитный характер. Четко прослеживается образование: локальных коррозионных разрушений и субмикротрещин по границам перлитных зерен; отслаивающихся коррозионных разрушений вдоль полосчатой структуры по границам ферритных

скоплений; субмикропузырей, вздутий, предшествующих разрушению. Наблюдаются характерные участки продуктов локальной коррозии с формированием коксовых отложений.

Термическая обработка стали 20 после прокатки приводит как к гомогенизации структуры, так и к уменьшению балла зерна и полосчатости перлитных зёрен, должна привести и к существенному повышению стойкости ТСПН. Действительно, замена разрушенных патрубков и переходников ТСПН из материала обычной выплавки, прошедшего термическую обработку, нормализацию и, в особенности, закалку с отпуском, повысило коррозионную стойкость более чем на порядок.

Выводы

1. Турбулизация потока головного продукта, вызванная конструктивными особенностями, приводит к кавитации в локализованной зоне в условиях, благоприятных для развития кавитационно-эрозионного и водородного охрупчивания и разрушения.

2. Непрерывный контроль толщины стенки переходников и патрубков ТСПН позволило исключить аварийные ситуации в процессе их эксплуатации.

3. Восстановление патрубков и переходников ТСПН из высококачественного материала позволило в значительной степени повысить их коррозионную стойкость.