



К.Р. Таранцева, д-р техн. наук, О.В. Фирсова
 (Пензенский государственный технологический университет, Россия). E-mail: krtar@bk.ru;
А.С. Паличева (ОАО «ПЕНЗХИММАШ», г. Пенза, Россия)

Анализ причин коррозионного разрушения шнекового растворителя в производстве калийных удобрений

Шнековый растворитель с обезвоживающим элеватором — аппарат непрерывного действия, используемый в производстве калийных удобрений галургическим способом. Способ основан на извлечении (выщелачивании) растворимого вещества из твердого материала (галитового отвала) с помощью жидкого растворителя (маточного щелока). В процессе выщелачивания применяется трехступенчатая прямоточная схема; аппараты работают по схеме прямотоков и установлены последовательно. Шнековый растворитель с обезвоживающим элеватором находится

на третьей ступени и предназначен для рекуперации теплоты галитового отвала.

Рабочая среда (жидкая фаза) содержит повышенное количество хлористых солей и твердую фазу, вызывающие точечно-язвенную коррозию и коррозионно-эрозионный износ, соответственно. Характеристики галитового отвала, маточного щелока и жидкой фазы в шнековом растворителе и элеваторе представлены в **табл. 1**. Рабочие среды отличаются высокой коррозионной и эрозионной активностью, усиливающейся при высоких температурах.

Для изготовления узлов и деталей шнекового растворителя, контактирующих с рабочей средой, применяется сталь марки 08Х21Н6М2Т, как наиболее стойкая в данной среде (по сравнению со сталями марок 12Х18Н10Т и 10Х17Н13М2Т) и рекомендованная организацией, эксплуатирующей оборудование, и специализированными институтами (ЗАО «ВНИИ Галургии», ПАО «УкрНИИХиммаш»).

В 2011 г. технологическая схема была модернизирована (по решению эксплуатирующей организации). Длина шнекового растворителя с исходными размерами

Таблица 1

Характеристика рабочих сред в аппарате

Среда	Шнековый растворитель	Элеватор
Галитовый отвал	<i>Состав:</i> вода — 8...14 %; KCl — до 3,1 %; NaCl — до 95 %; нерастворимый остаток — до 2,0 %	<i>Состав:</i> вода — 8...14 %; KCl — 1,85...10,0 %; NaCl — 97,15...87,4 %; CaSO ₄ — 0,24...0,51 %; нерастворимый остаток — 0,74...2,09 %
Жидкая фаза	<i>T</i> = 105 °С; 7 pH; плотность 1250...1255 кг/м ³ ; вязкость при 100 °С — (0,6...1,0)·10 ³ Па·с. <i>Состав:</i> вода — 62...65 %; KCl — до 17 %; NaCl — до 17 %; (MgCl ₂ + CaCl ₂) — до 4,0 %	<i>T</i> = до 60...80 °С; 7 pH; плотность 1220...1240 кг/м ³ ; вязкость при 100 °С — (1,5...1,0)·10 ³ Па·с. <i>Состав:</i> KCl — 7,93...16,6 %; NaCl — 9,02...24,6 %; MgCl ₂ — 0,9...1,92 %; CaCl ₂ — 1,0...2,03 %; остальное — вода
Маточный щелок	<i>T</i> = 28...42 °С; плотность 1230...1245 кг/м ³ . <i>Состав:</i> вода — 70...64 %; KCl — 9,5...13,5 %; NaCl — 17...19 %; (MgCl ₂ + CaCl ₂) — до 4,0 %; нерастворимый остаток — до 150 мг/м ³ . Фильтрат <i>T</i> = 65 ± 5 °С. <i>Состав:</i> KCl — 8...17 %; NaCl — 9...24 %; (MgCl ₂ + CaCl ₂) — 1,9...4,0 % Рассол: <i>T</i> = -5...+40 °С; плотность 1160...1190 кг/м ³ . <i>Состав:</i> вода — 82...75 %; KCl — 6...9 %; CaCl ₂ — 10...15 %; (MgCl ₂ + CaCl ₂) — до 2,0 %	—

Химический состав стали 08X21H6M2T

Элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P
Содержание, %:									
по ГОСТу	≤0,08	≤0,8	≤0,8	20,0...22,0	5,50...6,50	1,80...2,50	0,20...0,40	≤0,025	0,035
фактическое	0,07	0,46	0,42	21,8	6,5	1,95	0,2	0,018	0,021

30 500×57 00×5990 мм была уменьшена на 9000 мм и составила 21 500 мм. При этом все остальные параметры, в том числе и параметры технологического процесса, остались прежними. Согласно технологическим расчетам, процесс в модернизированном аппарате должен был протекать при противотоке. Для обеспечения прежней производительности 800 т/ч (по твердой фазе отвала) аппарат заполняли рабочей средой практически полностью (ниже уровня крышки на ~300 мм).

Модернизированный аппарат со шнековой мешалкой и элеватором был введен в эксплуатацию в марте 2012 г. В мае 2012 г. (через три месяца эксплуатации), во время плановой остановки аппарата, были отмечены обширные участки коррозии на поверхности узлов и деталей, контактирующих с рабочей средой, а в октябре 2013 г. аппарат был выведен из эксплуатации, так как скорость коррозии превысила предельно допустимый для данного типа стали показатель (рис. 1).

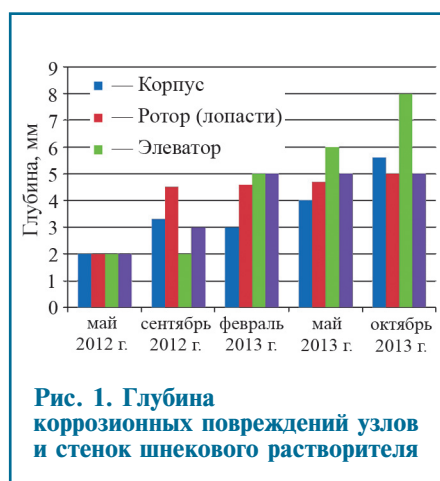


Рис. 1. Глубина коррозионных повреждений узлов и стенок шнекового растворителя

Поскольку ранее, до модернизации аппарата, сталь марки 08X21H6M2T успешно применялась в данном производстве, и случаев столь интенсивного коррозионного разрушения аппаратов не выявлено, был проведен анализ причин выхода данного аппарата из строя.

Выявлено, что аппарат изготовлен в полном соответствии с требованиями технического задания, требованиями нормативных документов и ГОСТ Р 52630–2006 по согласованной технической документации. Качество примененного металла (сталь 08X21H6M2T) подтверждено сертификатами соответствия завода-изготовителя, проведенными химическими и металлографическими исследованиями.

Химический анализ металла вырезанного фрагмента аппарата показал, что металл соответствует аустенитно-ферритной стали 08X21H6M2T по ГОСТ 5632–72 (табл. 2).

Металлографические исследования, проведенные на темплатах, вырезанных из фрагмента (технологической скобы) шнекового растворителя, показали, что структура металла соответствует стали 08X21H6M2T после закалки (нагрев до 1000 °С). Выделений карбидов на границах ферритных и аустенитных зерен не наблюдалось (рис. 2).

Микротвердость структурных составляющих: хромистый феррит — 224 кг/мм²; аустенит — 183 кг/мм². Данные значения микротвердости соответствуют двухфазной аустенитно-ферритной стали 08X21H6M2T.

Таким образом, технологические особенности изготовления аппарата и качество конструкционного материала не могли быть основной причиной разрушения аппарата и его узлов.

Для определения коррозионной стойкости стали 08X21H6M2T были проведены ускоренные электрохимические испытания при температуре 70 ± 2 °С в модельном растворе, %: NaCl — 17, KCl — 13; в рабочем растворе с усредненным химическим составом, %: KCl — 13,83; NaCl — 17,50; MgCl — 1,79; CaSO₄ — 0,19; CaCl₂ — 1,77.

Исследования коррозионной стойкости образцов проводили с применением потенциостата П-5827М в трехэлектродной электрохимической ячейке ЯСЭ-2 с разделенными катодным и анодным пространствами. Электрод сравнения — насыщенный хлорсеребряный электрод, вспомогательный электрод — платиновый. Рабочие электроды — из стали 08X21H6M2T, размеры 20×10×1 мм. Анодные по-

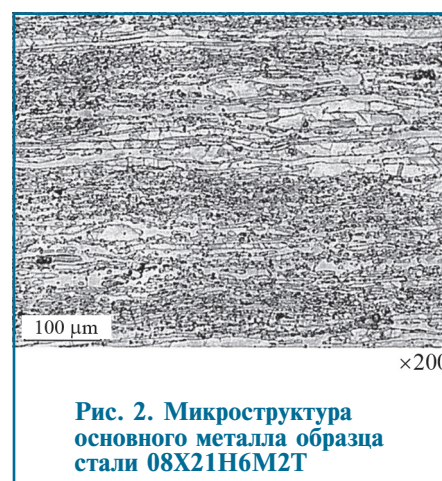
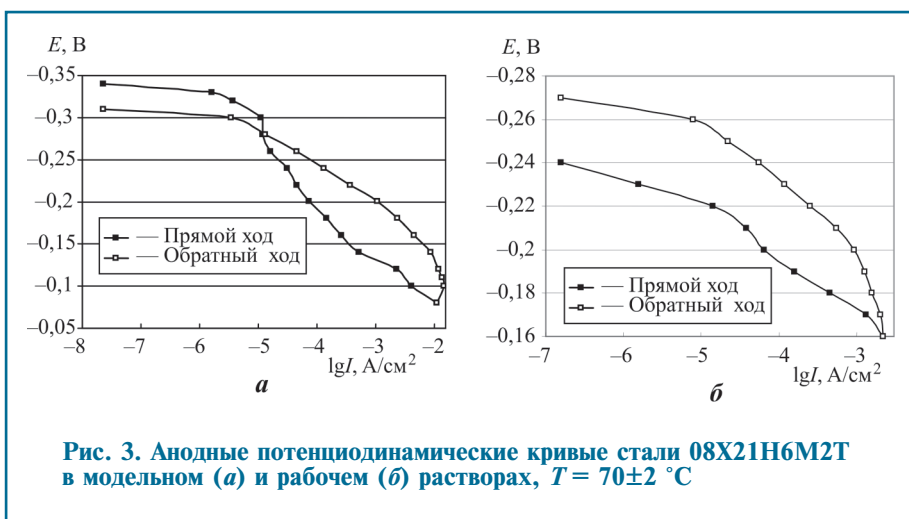


Рис. 2. Микроструктура основного металла образца стали 08X21H6M2T



тениодинамические кривые снимали со скоростью развертки потенциала 1,8 В/ч. Подготовку образцов сталей для электрохимических исследований и ускоренные электрохимические испытания проводили в соответствии с ГОСТ 9.912–89 [6].

Результаты ускоренных электрохимических испытаний показали (рис. 3), что сталь 08X21H6M2T как в модельном, так и рабочем

растворах корродирует в неустойчивом пассивном состоянии, что может привести к возникновению питтингов при повреждении пассивной пленки.

По-видимому, основной причиной ускоренного разрушения аппарата стала его модернизация. Уменьшение длины аппарата без изменения его ширины и высоты привело к замене схемы прямо-

ка (процесс идеального вытеснения продукта) на схему прототока (процесс идеального смешения). Кроме того, заполнение аппарата рабочей средой практически полностью (ниже уровня крышки на ~300 мм) привело к образованию в пространстве между крышкой и средой насыщенной паровоздушной смеси.

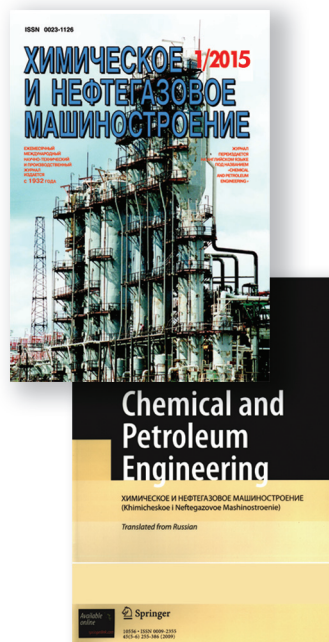
Все это в условиях высокой коррозионной и эрозионной агрессивности рабочей среды привело к ужесточению условий эксплуатации аппарата и интенсивному коррозионному разрушению [1–5].

Список литературы

1. Колотыркин Я.М. Металл и коррозия. М.: Металлургия, 1985.
2. Пахомов В.С. Коррозия металлов и сплавов. М.: Наука и технологии, 2013.
3. Таранцева К.Р., Пахомов В.С. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2009. № 6. С. 45–48.
4. Таранцева К.Р., Пахомов В.С. // Защита металлов. 1999. Т. 35. № 2. С. 162–168.
5. Таранцева К.Р., Пахомов В.С. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2005. № 6. С. 42–43.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Выписывайте и читайте ежемесячный журнал
ХИМИЧЕСКОЕ И НЕФТЕГАЗОВОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ
Подписку можно оформить в любом почтовом отделении
или в редакции с любого месяца и на любой срок



Индекс журнала:

71042 — по каталогу Агентства «Роспечать»
38589 — по объединенному каталогу «Пресса России»

Стоимость подписки:

На 1 месяц.....1250 руб.
На 6 месяцев7500 руб.
На 12 месяцев.....15 500 руб.

Стоимость электронной версии:

1 страница..... 50 руб.
1 номер.....500 руб.
12 номеров.....5000 руб.

Журнал переводится на английский язык и переиздается под названием **Chemical and Petroleum Engineering**

Телефоны редакции: (499) 267-07-64, 8 (915) 339-37-61

E-mail: himnef@msuie.ru

Сайт: <http://himnef.ru>