

**АНАЛИЗ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ШНЕКОВОГО РАСТВОРИТЕЛЯ
В ПРОЦЕССЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СИЛЬВИНИТА**

© *А.С. Паличева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© *К.Р. Таранцева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

**ANALYSIS OF THE REASON DESTRUCTION AUGER SOLVENT
IN THE PROCESSES OF LEACHING OF SYLVITE**

© *A.S. Palicheva, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© *K.R. Tarantseva, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Проанализированы причины разрушения шнекового растворителя в процессе выщелачивания сильвинита. Показано, что разрушение аппарата произошло из-за модернизации технологической схемы, приведшей к замене схемы, процесса идеального вытеснения на идеальное смешение.

Ключевые слова: процесс, технология, разрушение, схема.

The reasons destruction of apparatus in process of sylvite leaching is analyzed.

It is shown that the destruction of the apparatus occurred due to the modernization of the technological scheme that led to the replacement the scheme of ideal displacement process on the scheme of perfect blending process.

Key words: process technology, the destruction, the scheme.

Шнековый растворитель с элеватором обезвоживающим относится к категории аппаратов непрерывного действия с перемешивающим устройством. Данный тип аппаратов используется в галургическом способе производства калийных удобрений. Способ основан на процессе выщелачивания – извлечения растворимого вещества из твердого материала с помощью жидкого растворителя. При этом процесс разделения происходит в системе жидкость – твердое тело.

В трехступенчатой прямоточной схеме выщелачивания растворение руды происходит в двух аппаратах. Аппараты работают по схеме прямотоков и установлены последовательно. Сильвинитовая руда загружается в первый растворитель, в котором происходит ее нагрев до температуры растворения при помощи маточного щелока. После этого руда поступает во второй растворитель, предназначенный для окончательного растворения щелоком, температура которого превышает 100 °С. На первом и втором этапах растворения процесс протекает при параллельном токе. Остаток из второго растворителя выгружается элеватором в аппарат со шнековой мешалкой, предназначенный для рекуперации тепла галитового отвала.

Шнековый растворитель состоит из сварного корпуса 1 корытообразной формы с ротором 2 и наклонным элеватором 4, предназначенным для выгрузки нерастворившейся твердой фазы (рисунок 1). Корпус аппарата состоит из отдельных частей, стыкуемых на месте монтажа сваркой. Один торец имеет глухую торцевую стенку, а второй со стороны, противоположной приводу мешалки, имеет карман, предназначенный для перегрузки отвала в элеватор.

Корпус аппарата снабжен съемной крышкой, состоящей из нескольких секций, в которых предусмотрены люки-лазы для обслуживания и ремонта. Внутри корпус разделен вертикальными перегородками, которые служат для изменения потока жидкости и для увеличения времени контакта продукта. Одновременно перегородки служат для жесткости корпуса.

Внутри корпуса на всю длину проходит горизонтальный ротор, который состоит из нескольких секций и цапф. Секции между собой и цапфами соединены с помощью фланцевых разъемов. Секции ротора представляют собой вращающийся вал с насаженными на него крестовинами, соединенными горизонтальными и винтовыми лопастями. Уплотнение вала ротора в корпусе растворителя – сальниковое. Привод перемешивающего устройства осуществляется от электродвигателя через редуктор и клиноременную передачу. Соединение редуктора и вала ротора производится посредством муфты с эластичными элементами.

В конце аппарата по ходу потока установлен наклонный обезвоживающий элеватор, смонтированный как целое с корпусом и предназначенный для обезвоживания и выгрузки нерастворенного остатка.

Элеватор представляет собой сварной корпус коробчатой формы (прямоугольной) с смонтированными барабаном ведомым (в нижнем кармане) и валом приводным (в верхней секции), на которых установлена ковшовая цепь.

Цепь состоит из пластинчатых звеньев, скрепленных между собой осями, на которых крепятся ковши корытообразной формы. Корыто и установленные внутри него перегородки перфорированы. Привод ковшовой цепи осуществляется от электродвигателя через редуктор и приводной барабан. Соединение редуктора и приводного вала – посредством муфты с эластичными элементами.

Для упорядоченного движения цепи в шахте элеватора предусмотрены опорные и съемные направляющие.

Верхняя секция корпуса элеватора снабжена устройством для выгрузки, люками и штуцером для отвода паров. Натяжение ковшевой цепи элеватора производится при помощи гидростоек, установленных под поворотной платформой привода.

Твердая фаза и растворяющая жидкость (маточный щелок) непрерывно поступают в корпус аппарата через штуцеры входа продукта, а раствор отводится через сливной карман и штуцер слива продукта с противоположного конца корпуса растворителя. Твердый материал перемещается вдоль корпуса аппарата винтовыми лопастями ротора, жидкость движется в том же направлении. Нерастворившийся остаток поступает в карман наклонного элеватора, откуда перфорированными ковшами выгружается в следующий растворитель или отвал.

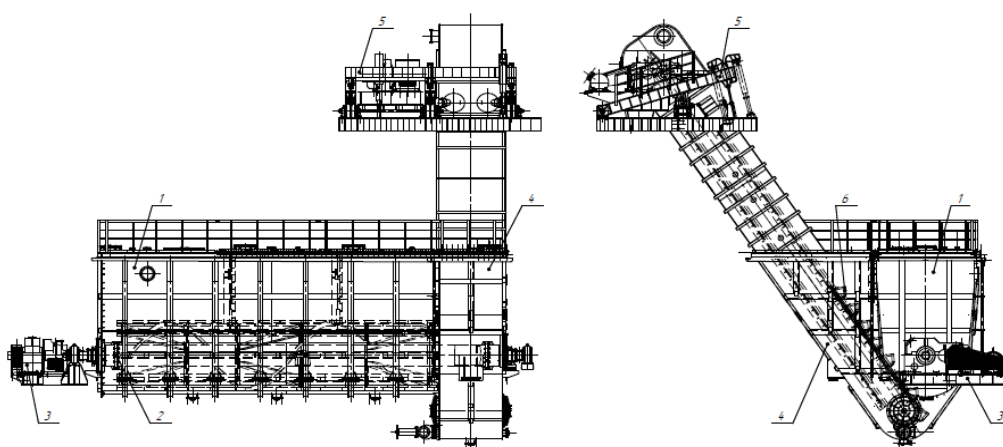


Рисунок 1 – Шнековый растворитель с элеватором: 1 – корпус шнековой мешалки с крышкой, 2 – ротор, 3 – привод шнековой мешалки, 4 – элеватор обезвоживающий, 5 – станция приводная левого исполнения, 6 – цепь ковшовая элеватора

Расчетами, проведенными на этапе строительства, заложены следующие габаритные размеры устройства. Аппарат: длина 30 500 мм; ширина 5700 мм; высота 5990 мм. Элеватор: длина 13 800 мм; ширина 7250 мм; высота 17 585 мм.

Для изготовления узлов и деталей, контактирующих с рабочей средой, использована сталь марки 08Х21Н6М2Т (ЭП-54) 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. в технологической схеме по решению эксплуатирующей организации длина аппарата 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 под крышку (ниже уровня крышки примерно на 300 мм).

Характеристика рабочей среды аппарата

Исходным сырьем, поступающим в аппарат, является суспензия галитового отвала и водного раствора солей хлористого калия, натрия, магния и кальция с температурой до +105 °С.

Характеристика галитового отвала:

массовая доля воды – 8 ÷ 14 %;

химический состав твердой фазы:

KCl – до 3,1 %;

NaCl – до 95 %;
 Ca₂SO₄ + нерастворимый остаток до 2,0 %.
 Гранулометрический состав указан в таблице 1.

Таблица 1

Гранулометрический состав галитового отвала в аппарате

Крупность фракции, мм	Массовая доля, %
+ 5	7,1 ÷ 12,6
+ 2,5	14,1 ÷ 20,0
+ 1,0	25,4 ÷ 38,3
- 1,0	33,3 ÷ 47,8
+ 0,5	17,3 ÷ 22,3
+ 0,125	13,2 ÷ 25,9
- 0,125	1,4 ÷ 3,0

Характеристика жидкой фазы:

температура до 105 °С;
 плотность 1250 ÷ 1255 кг/м³;
 вязкость (при 1000 °С) 0,6 ÷ 1,0 · 10³ Па·с;
 водородный показатель среды 7 РН ;
 температура кипения 107 °С.

Химический состав:

KCl – до 17 %;
 NaCl – до 17 %;
 MgCl₂ + CaCl₂ до 4,0 %;
 вода 62÷65 %.

Характеристика охлаждающих потоков:

маточный щелок:

температура 28 ÷ 42 °С;
 плотность 1230 ÷ 1245 кг/м³;
 KCl 9,5 ÷ 13,5 %;
 NaCl 17 ÷ 19 %;
 MgCl₂ + CaCl₂ до 4,0 %;
 нерастворимый остаток до 150 мг/м³;
 вода 70 ÷ 64 %;

фильтрат:

KCl 8 ÷ 17 %;
 NaCl 9 ÷ 24 %;
 MgCl₂ + CaCl₂ 1,9 ÷ 4,0 %;
 температура до 65 ± 5 °С;

рассол:

температура -5 ÷ +40 °С;
 плотность 1160 ÷ 1190 кг/м³;
 KCl – 6 ÷ 9 %;
 CaCl₂ 10 ÷ 15 %;
 MgCl₂ + CaCl₂ до 2,0 %;
 вода 82 ÷ 75 %.

Характеристика рабочей среды элеватора

Исходным сырьем, поступающим в элеватор, является суспензия галитового отвала и водного раствора солей хлористого калия, натрия, магния и кальция с температурой до 80 °С.

Характеристика обезвоженного галитового отвала:

массовая доля воды 8 ÷ 14 %;
 химический состав твердой фазы:
 KCl 1,85 ÷ 10,0 %;
 NaCl 97,15 ÷ 87,4 %;
 Ca₂SO₄ 0,24 ÷ 0,51 %;
 нерастворимый остаток 0,74 ÷ 2,09 %.

Гранулометрический состав указан в таблице 2.

Таблица 2

Гранулометрический состав галитового отвала в элеваторе

Крупность фракции, мм	Массовая доля, %
+ 5	7,1 ÷ 12,6
+ 2,5	14,1 ÷ 20,0
+ 1,0	25,4 ÷ 38,3
- 1,0	33,3 ÷ 47,8
+ 0,5	17,3 ÷ 22,3
+ 0,125	13,2 ÷ 25,9
- 0,125	1,4 ÷ 3,0

Характеристика жидкой фазы:

температура до 60 ÷ 80 °С;

плотность 1220 ÷ 1240 кг/м³;

вязкость (при 100 °С) – около $1,5 \cdot 1,0 \cdot 10^3$ Па·с;

водородный показатель среды 7 РН.

Химический состав:

KCl – 7,93 ÷ 16,6 %;

NaCl 9,02 ÷ 24,6 %;

MgCl₂ 0,9 ÷ 1,92 %;

CaCl₂ 1,0 ÷ 2,03 %;

остальное вода.

Исследуемый 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 года аппарат выведен из строя, так как скорость коррозии превысила предельно допустимый для данного типа стали показатель (рисунок 2).

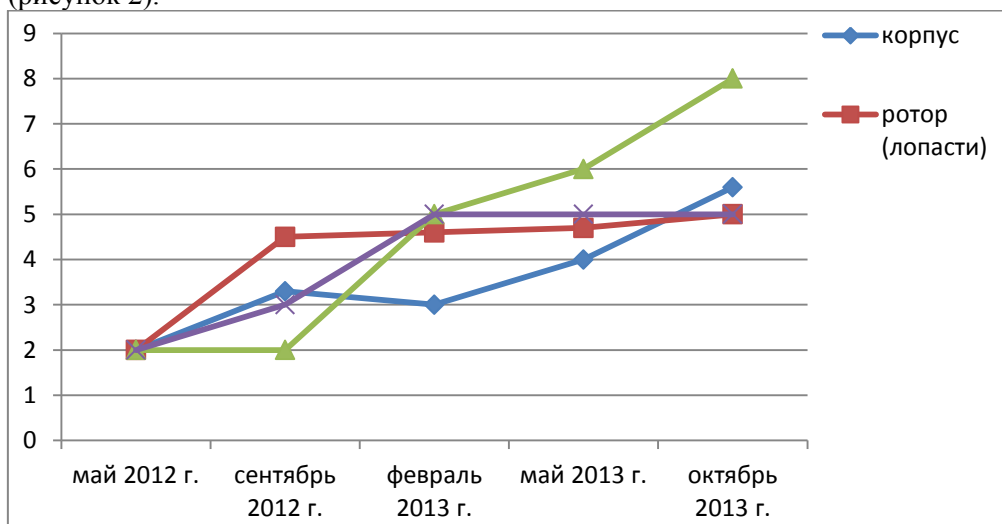


Рисунок 2 – Глубина коррозионных повреждений (мм) узлов и стен аппарата

Анализ причин выхода аппарата из строя показал следующее.

Аппарат изготовлен в полном соответствии с требованиями технического задания, требованиями нормативных документов и ГОСТ Р 52630-2006 по согласованной технической документации.

Качество примененного металла 08X21Н6М2Т подтверждено сертификатами соответствия завода-изготовителя, протоколами испытаний на МКК и проведенными исследованиями.

Химический анализ металла вырезанного фрагмента мешалки показал, что металл соответствует аустенитно-ферритной стали 08X21Н6М2Т ГОСТ5632-72.

На заводе-изготовителе проводился входной контроль листового проката в части проверки химического состава и стойкости к МКК полистно и каждой тяги сортового проката.

Поскольку ранее, до модернизации аппарата, сталь марки 08X21H6M2T успешно зарекомендовала себя в данном производстве, и случаев интенсивного коррозионного разрушения аппаратов не выявлено, причиной выхода данного аппарата из строя, по-видимому, является изменение его конструкции.

Как было указано выше, для обеспечения заданной производительности аппарат заполнялся рабочей средой практически под крышку. При подобном уровне заполнения мешалки в пространстве между крышкой и средой возникает насыщенная паро-воздушная смесь, интенсифицирующая процессы коррозионного разрушения:

- в первой секции аппарата коррозия наблюдается практически по всей высоте секции (кольцом) в зоне штуцера входа продукта А;
- во второй секции коррозия идет в основном вдоль средней оси ротора;
- в третьей секции коррозия наблюдается и особо интенсивна в зоне выхода продукта (карман сливной) – штуцер Б.

Для предотвращения перенасыщения кислородом рабочей среды штуцер выхода продукта располагался в первой секции мешалки аппарата, расстояние от оси загрузки до оси выгрузки вправо составляло 1410 мм.

Однако без согласования с заводом-изготовителем штуцер выхода продукта Б при монтаже был перемещен в третью секцию, смещение штуцера влево по корпусу составило ≈ 8600 мм, что способствовало еще большему коррозионному разрушению.

Однако главной причиной, спровоцировавшей ускоренное разрушение аппарата, явилась его модернизация. Уменьшение длины аппарата с 30 500 до 21 500 мм без изменения его ширины и высоты привело к замене схемы прямотока (процесс идеального вытеснения продукта) на схему противотока (процесс идеального смешения) [1]. Интенсивный процесс перемешивания твердой и жидкой фазы, эрозионное и коррозионное воздействие реакционной среды [2–4] привели к невозможности формирования пассивной пленки на поверхности аппарата и к выходу его из строя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плановский А.Н., Николаев П.И. *Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии*. – М. : Химия, 1987. – 492 с.
2. Колотыркин Я.М. *Металл и коррозия*. – М. : Металлургия, 1985.
3. Пахомов В.С. *Коррозия металлов и сплавов*. – М. : Наука и технологии, 2013.
4. Таранцева К.Р., Пахомов В.С. *Влияние движения среды и температуры на потенциал образования солевой пленки // Защита металлов*. – 1999. – Т. 35, № 2. – С. 162–168.