

## Диагностирование оборудования: правильный диагноз – успех лечения

А.В. Чирков, В.Н. Глаголев (ОАО «НИИК»)

Любая внеплановая остановка оборудования агрегатов карбамида из-за пропуска среды чревата для предприятия значительными убытками. В этой связи большое значение имеет безаварийная и безостановочная работа агрегата в течение всего межремонтного пробега. ОАО «НИИК» проводит инспекции агрегатов карбамида со временем становления данной отрасли в бывшем СССР, т.е. в течение более чем 50 лет. За это время специалистами института накоплен богатый опыт в исследовании влияния различных факторов на коррозионный износ основного технологического оборудования, работающего как в схемах полного жидкостного рецикла, так и в схемах со спрингинг-процессом.

Инспекция оборудования проводится методами технической диагностики. Она заключается в проведении целого комплекса работ, направленных на установление фактического состояния объекта контроля. В общем случае комплекс работ включает:

- анализ технической документации;
- визуально-измерительный контроль;
- коррозионное обследование;
- неразрушающий контроль (НК) сварных соединений (контроль проникающими веществами и ультразвуковая дефектоскопия);
- оценку механических свойств основного металла и сварных соединений;
- определение химического состава и металлографические исследования;
- прочностной анализ конструкции.

Инспекцию оборудования проводят специалисты лаборатории неразрушающего контроля, диагностики, металлов, коррозии и сварки. Сотрудники лаборатории обладают высокой квалификацией, являются экспертами, имеющими международные удостоверения по НК.

В прошлом году специалисты ОАО «НИИК» провели обследова-

ния коррозионного и технического состояния оборудования 7 установок из 14, работающих по технологии спрингинг-процесса в токе  $\text{CO}_2$ , на территории постсоветского пространства. Обследования установок АК-70, работающих по схеме полного жидкостного рецикла, связаны в основном с крайней степенью изношенности реакторов синтеза.

По результатам обследований были сделаны выводы, в первую очередь в отношении оборудования высокого давления узла синтеза карбамида.

### Проблемы оборудования, находившегося в эксплуатации

Коррозионные язвы под отложениями газовой фазы продолжают представлять серьезную опасность для целостности футеровки, в том числе и из-за невозможности проведения качественного визуального осмотра зоны, подверженной износу. Необходимо своевременно обращать внимание на развитие язв, планировать и выделять время и силы для проведения работ по зачистке участков футеровки, находящихся в газовой фазе, от отложений. Например, глубоко развиившиеся язвы в верхней части скруббера приводят к большим единовременным затратам труда и времени, в результате зачистки образуется множество участков с критической остаточной толщиной футеровки. (рис. 1). Незачищенные

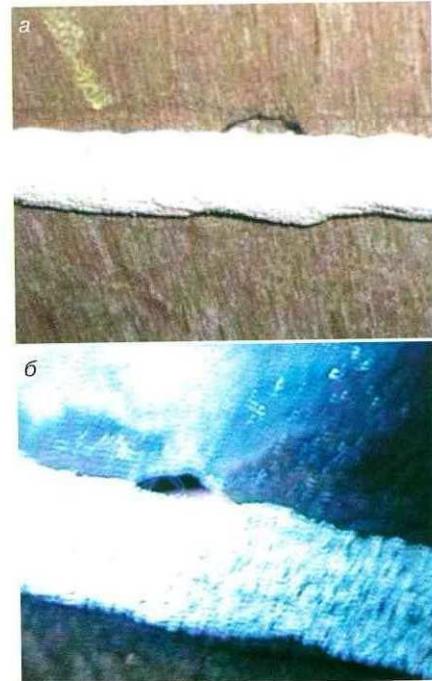


Рис. 2. Дефект по линии сплавления шва на ранней стадии развития (а) и сквозной дефект по линии сплавления (б)

отложения газовой фазы на верхнем днище реактора синтеза не позволили определить опасное для целостности футеровки место, в результате образовалось сквозное поражение на дне одной из язв, скрытое под отложениями. При этом своевременная зачистка верхней части реактора синтеза АК-80 позволила избежать возникновения язв в течение трех лет эксплуатации.

Участились случаи образования опасных локальных дефектов (вплоть до сквозных) по линии сплавления сварных шов (рис. 2). Связано это во многом с переходом многих предприятий на двухгодичные и даже трехгодичные циклы пробега, следуя подобной зарубежной практике. При этом забывают только одно – ни на одном зарубежном предприятии, ставящем рекорды времени по межремонтному пробегу, не эксплуатируется оборудование трид-



Рис. 1. Поверхность футеровки с язвами

цатилетней давности. Если при одногодичном цикле дефект по линии сплавления выявляется на ранней стадии и ликвидируется своевременным ремонтом, то при более продолжительной эксплуатации сварного шва с дефектом локальная скорость коррозии в месте расположения язвы может достигать 2 мм/год. Поэтому необходимо своевременно проводить коррозионные обследования с ликвидацией образовавшихся дефектов, либо переходить к более коррозионно-стойким материалам путем поэтапной замены футеровки.

### Большая степень изношенности оборудования

По определенным причинам (связанным либо с позицией собственника оборудования, либо с процессами смены собственника предприятия) зачастую происходят случаи эксплуатации особо долгостоящего оборудования, критического для работы агрегата в целом, до большой степени изношенности. В первую очередь это относится к стрипперам.

При конструктивном расчете толщины стенок теплообменных труб стриппера закладываются достаточно большие запасы по пределам прочности и текучести материала труб. Понятно желание собственника использовать данные запасы, учитывая относительную дороговизну оборудования. Тем более что на своем опыте он выясняет, что проблемы начинаются при толщине стенок труб гораздо меньших, чем расчетная паспортная толщина.

В связи с этим встает проблема адекватной оценки опасности степени износа теплообменных труб.

Существующие в трубах дефекты и область их распространения можно определить известными способами, например, вихревоковой дефектоскопией. Характерный для теплообменных труб стрипперов профиль изменения толщины стенки по длине трубы приведен на рис. 3.

После выявления дефектов необходимо оценить степень их опасности. Одним из наиболее известных и широко применяемых в мировой практике методов является «критерий B31G» из стандарта ANSI/ASME B31G. И хотя первона-

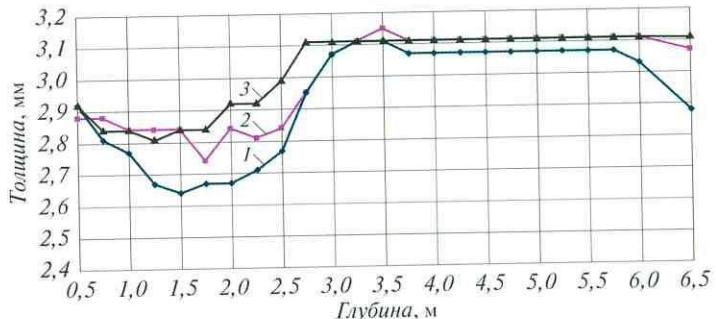


Рис. 3. Профиль (изменение толщины стенки по длине) трубы для теплообменных труб стрипперов:

1 – труба 1; 2 – труба 2; 3 – труба 3

чально этот стандарт разрабатывался для трубопроводов, но можно использовать его и при оценке остаточной прочности теплообменных труб в кожухотрубчатых теплообменниках, благодаря достаточной общности теоретических представлений, положенных в основу стандарта.

«Критерий B31G» основан на полуэмпирической зависимости, полученной с использованием методов механики разрушения. Зависимость базируется на модели размеров поврежденной зоны, расположенной вдоль оси находящегося под давлением цилиндра (трубы), и на определенном эмпирическом путем соотношении между глубиной дефекта и толщиной стенки трубы.

Используя эту методологию, специалистами ОАО «НИИК» разработан подход, который, используя результаты внутритрубной диагностики, позволяет оценивать остаточную прочность теплообменных труб и допустимую толщину стенки в зоне дефекта, при которой еще сохраняется их работоспособность. А по имеющимся данным о реальной скорости коррозии реально прогнозировать остаточный ресурс теплообменных труб и теплообменника в целом.

В таблице представлены сводные данные о характерных размерах дефектов теплообменных труб, зафиксированных при диагностике трубных пучков стриппера и конденсатора на различных установках карбамида за разные годы и результаты расчета. Под расчетной толщиной понимается допустимая толщина стенки в районе дефекта, при которой еще сохраняется работоспособность трубы. Необходимо

отметить, что все теплообменники (за исключением одного), представленные в таблице, на момент проведения диагностики продолжали безаварийно работать (без пропусков и разрывов труб), т.е. полностью сохраняли свою работоспособность.

Из таблицы следует, что при выявленных дефектах остаточная работоспособность теплообменных труб еще достаточно, а толщина стенки в зоне дефекта больше толщины, определенной расчетным путем при использовании критерия B31G, т.е. выявленные дефекты не являлись критическими, что и подтверждается практической эксплуатации. В то же время отсутствие подобной методики и ориентация на расчетную паспортную величину часто приводят к преждевременной отглушки труб и потере производительности агрегата.

Следует отметить, что специалисты ОАО «НИИК» не просто выдают результаты замеров, как это делают другие фирмы, занимающиеся дефектоскопией, но и проводят их оценку, взвешенно прогнозируя остаточный ресурс работоспособности, выявляют причины износа, а также непосредственно на месте выдают рекомендации по ремонту и осуществляют технический надзор за ремонтом.

### Проблемы с вновь изготовленным оборудованием

В последнее время многие предприятия стали проводить более или менее масштабные реконструкции и сразу же столкнулись с необходимостью диагностики нового оборудования. Если про-

Расположение установки	Наименование теплообменника	Номинальный размер труб, мм	Состояние труб	Дефектная зона		Расчетная толщина, мм	
				Толщина трубы, мм	Длина, мм	По паспорту	При использовании В31G
Тольятти	Стриппер	25,4×2,7	–	1,78	700	1,87	1,41
	Стриппер	27×3,5	–	2,07	2500	2,0	1,12
	Конденсатор	19,05×2,11	Демонтаж	0,72	285	–	0,53
Новомосковск	Стриппер	27×3,5	–	1,41	1150	1,96	1,11
Днепродзержинск	Стриппер	31×3	–	2,40	2600	1,94	1,03
	Конденсатор	25×2,5	Разрушена	0,30	180	–	0,83
Одесса	Стриппер	31×3	Отглущена	1,64	3000	1,84	1,03
	Конденсатор	25×2	–	1,62	350	1,66	0,5
Невинномысск	Стриппер	31×3	–	1,94	1800	1,79	1,03
	Стриппер	31×3	Отглущена	1,77	2600	1,79	1,03
Северодонецк	Стриппер	31×3	–	2,40	1500	1,81	1,00
Черкассы	Стриппер	31×3	–	2,70	2500	1,90	1,03
Гродно	Стриппер	31×3	–	1,75	2500	1,58	1,00
	Конденсатор	25×2,5	–	1,08	350	1,62	0,86
Фергана	Стриппер	31×3	–	2,20	2600	1,67	1,02
Череповец	Конденсатор	25×2	–	1,46	350	1,58	0,58

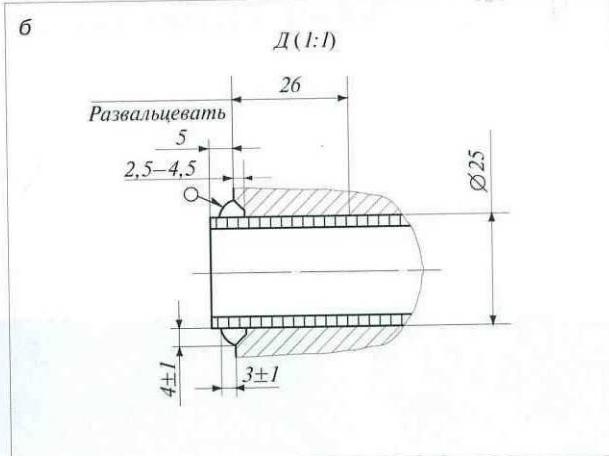
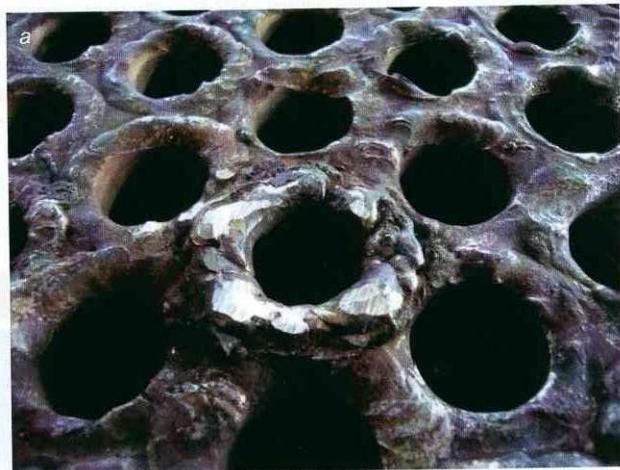


Рис. 4. Трубная доска предконденсатора: а – выполненные швы приварки; б – проект

блемы с оборудованием, длительное время находившемся под воздействием коррозионно-активной среды, понятны и объяснимы, то проблемы с вновь изготовленным оборудованием часто вызывают недоумение.

Приведем в качестве примера предконденсатор поз. Е-303А украинского производства. При обследовании, произведенном при монтаже нового аппарата, обнаружено несоответствие материала труб (10Х17Н13М2Т) проектному материалу 03Х17Н14М3. Способ выполнения швов обварки труб в трубной доске также не соответствует проекту. Часть швов выполнена сваркой электродом вместо аргонодуговой сварки. На

сварных швах обварки труб наблюдаются многочисленные поры и шлаковые включения. Две трубы заглушены пробками. Трубная доска аппарата показана на рис. 4.

Еще один аппарат – стриппер поз. Е-201 итальянского производства. Его осмотр произведен после года эксплуатации. На внутренней поверхности некоторых теплообменных трубок из стали Sandvik 2RE69 наблюдаются коррозионные поражения в виде мелких язв на длине 300...500 мм от верхнего и нижнего торцов труб. Состояние внутренней поверхности теплообменных трубок представлено на рис. 5. Осмотр средней части скруббера поз. Е-203 итальянского производства произведен перед

монтажом аппарата. По результатам осмотра аппарат не допущен к монтажу и пуску в эксплуатацию.



Рис. 5. Язвы на внутренней поверхности теплообменных трубок стриппера поз. Е-201

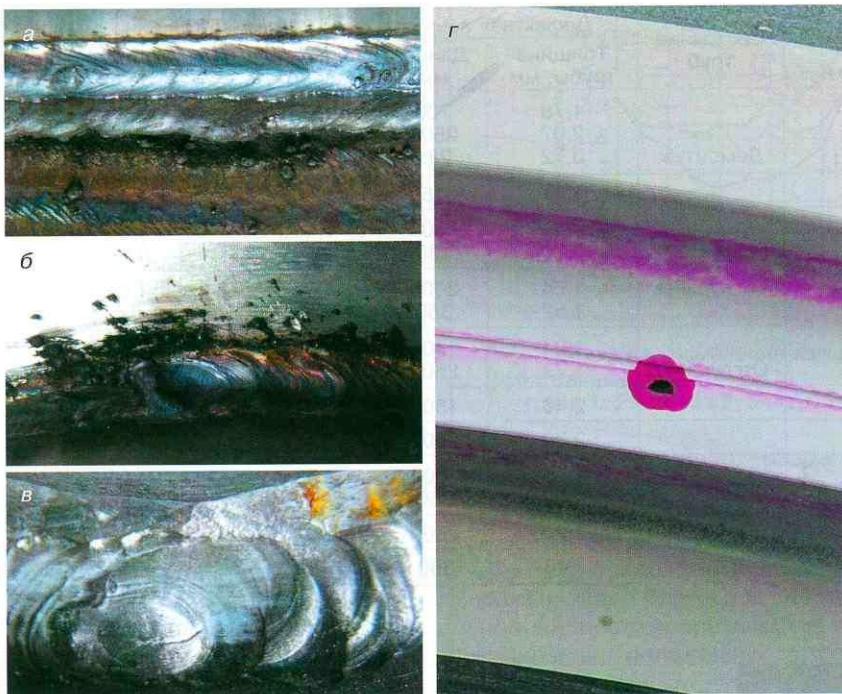


Рис. 6. Состояние футеровки средней части скруббера поз. Е-203:  
а – многочисленные брызги – будущие очаги коррозии; б – отсутствие  
защиты при сварке – серый шов; в – трещины в шве приварки штуцера;  
г – каверна на уплотнительной поверхности после цветной дефектоскопии

Дефекты аппарата представлены на рис. 6.

Очевидно, что не только местные машиностроительные предприятия, выигрывающие тендеры по причине своей крайней дешевизны, страдают от отсутствием культуры производства, но и имитные заграничные производители иногда допускают небрежности и нарушения в технологии производства.

Поэтому предприятия химической промышленности все чаще привлекают специалистов ОАО «НИИК» к техническому надзору при изготовлении оборудования, что позволяет избежать множества неприятностей.

Производство карбамида по-прежнему не прощает небрежности и невнимательного отношения, несвоевременного и некачественного проведения коррозионных обследований, изготовления оборудования на предприятиях с недостаточной дисциплиной труда, наказывая за это потерями значительных денежных средств.

## ВЫСТАВКА

**11-14 октября**

**САМАРА-2011**



10-я международная специализированная выставка  
**ПРОМЫШЛЕННЫЙ САЛОН**

- МАШИНОСТРОЕНИЕ
- СТАНКОСТРОЕНИЕ
- ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ
- МЕТАЛЛООБРАБОТКА

- МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЯ
- КОМПРЕССОРЫ И ПНЕВМАТИКА
- МЕТРОЛОГИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ
- СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ПРАВИТЕЛЬСТВА  
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ



МИНИСТЕРСТВА  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ,  
ЭНЕРГЕТИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ



ТПП РФ



АССОЦИАЦИИ  
«СТАНКОИНСТРУМЕНТ»



**ЭКСПО-ВОЛГА**  
организатор выставок с 1986 г.

Самара, Мичуринская, 23а  
тел: 279-04-90, 270-34-11  
[www.promsalon.ru](http://www.promsalon.ru)