



НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВНУТРЕННЕГО РЕЗЕРВУАРА ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ХРАНИЛИЩА ЖИДКОГО АММИАКА В «СЕВЕРОДОНЕЦКОМ ОБЪЕДИНЕНИИ АЗОТ»

В. А. ТРОИЦКИЙ, Ю. Н. ПОСЫПАЙКО, И. Я. ШЕВЧЕНКО В. И. КАРМАЗИН,
Г. Е. КОСТЕНКО А. И. ЛАЗАРЕНКО

Описаны основные процедуры комплексного технического освидетельствования резервуаров большого объема для хранения жидкого аммиака: визуально-оптический контроль внутренней поверхности резервуара, выявление и оценка неровностей на стенке и днище, уточнение объемов применения других видов контроля; неразрушающий контроль сварных соединений и металла стенки и днища резервуара ультразвуковым, магнитопорошковым и капиллярным методами; определение механических характеристик металла; металлографические исследования и химический анализ сварных соединений и основного металла.

The paper presents the main procedures of an integrated technical examination of large-volume tanks for liquid ammonia storage: visual-optical inspection of the tank inner surface, detection and evaluation of the unevenness on the wall and the bottom, more precise determination of the scope of application of other inspection techniques; NDT of welded joints and metal of the tank wall and bottom by ultrasonic, magnetic powder and capillary techniques; determination of metal mechanical characteristics; metallographic examination and chemical analysis of welded joints and base metal.

Введение. Проведение периодических комплексных технических освидетельствований вертикальных цилиндрических стальных изотермических хранилищ жидкого аммиака является необходимым условием их безопасной эксплуатации. Основная цель комплексного технического освидетельствования хранилища это определение его технического состояния, возможности дальнейшей безопасной эксплуатации, сроков последующих обследований, необходимости ремонта или вывода хранилища из эксплуатации.

Комплексное техническое освидетельствование изотермического хранилища жидкого аммиака в ЗАО «Северодонецкое объединение АЗОТ» в 2004 г. выполнили ЗАО «Северодонецкий ОРГХИМ» совместно с Отделом неразрушающего контроля качества сварных металлоконструкций Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины и Исследовательской лабораторией металлов и технической диагностики ЗАО «Северодонецкое объединение АЗОТ».

Основой комплексного технического освидетельствования являются процедуры неразрушающего контроля качества металла и сварных соединений.

Работы по неразрушающему контролю этого резервуара включали:

визуально-оптический контроль внутренней поверхности резервуара, выявление и оценка неровностей (выпуклостей, вмятин, хлопунгов и т. п.) на стенке и днище внутреннего резервуара,

уточнение объемов применения других видов контроля;

неразрушающий контроль сварных соединений и металла *стенки* внутреннего резервуара на высоту первого пояса: ультразвуковой контроль (УЗК), магнитопорошковый контроль (МПК), капиллярный контроль (КК);

неразрушающий контроль сварных соединений и металла *днища* внутреннего резервуара: УЗК, МПК;

определение механических характеристик металла на образцах, изготовленных из вырезанного из днища образца-свидетеля со сварным швом;

металлографические исследования сварных соединений на образцах, изготовленных из вырезанного из днища образца-свидетеля с нахлесточным сварным швом;

металлографические исследования металла стенки на Т-образных швах между 1- и 2-м поясами методом реплик;

химический анализ металла, включая количественный анализ содержания водорода в металле.

Нормативной базой комплексного технического освидетельствования изотермического хранилища жидкого аммиака являются:

ДСТУ 4046-2001 «Оборудование технологическое нефтеперерабатывающее, нефтехимических и химических производств. Техническое диагностирование. Общие технические требования» [1];

РД 03-410-01 «Инструкция по проведению комплексного технического освидетельствования



изотермических резервуаров сжиженных газов» [2];

ДСТУ, ГОСТ, ОСТ на отдельные виды контроля.

Характеристика объекта контроля. По конструктивному решению изотермическое хранилище жидкого аммиака представляет собой двустенный вертикальный цилиндрический резервуар, изготовленный полистовым способом, располагаемый в железобетонном каземате (рис. 1).

Внутренний резервуар, в котором непосредственно хранится жидкий аммиак, изготовлен из низколегированной стали и рассчитан на гидростатическую нагрузку хранящегося продукта и на внешнее давление сыпучего теплоизоляционного материала. Для обеспечения устойчивости стенки в резервуаре установлены кольцевые ребра жесткости. Он концентрически расположен внутри наружного резервуара. Стенка внутреннего резервуара собрана из крупногабаритных листов (около 2,0×6,0 м). Все сварные соединения выполнены в стык. Толщина стенки внутреннего резервуара составляет (по поясам): 16-14-13-12-10-10-10-12-12 мм — всего 10 поясов, высотой 2000...2050 мм каждый.

Наружный резервуар изготовлен из низкоуглеродистой стали. Он предохраняет теплоизоляцию от повреждения и проникновение влаги и рассчитан на некоторое избыточное давление, атмосферные нагрузки (снег, ветер), вес теплоизоляции и несущих конструкций. Толщина стенки наружного резервуара составляет 7 мм (1–6 пояса) и 6 мм (6–15 пояса).

Межстенное пространство между наружным и внутренним резервуарами заполнено тепловой изоляцией из вспученного перлитового песка. В межстенное пространство постоянно подается газообразный азот для осушки теплоизоляции в процессе эксплуатации. Поток азота используется также как носитель для регистрации возможного появления аммиака в межстенном пространстве.



Рис. 1. Общий вид сварного резервуара для хранения жидкого аммиака

Для проведения работ внутри хранилища в нижней части стенки и на крыше предусмотрены люки-лазы. Хранилище оснащено трубопроводами ввода и вывода сжиженного и газообразного продуктов, защитными устройствами от превышения давления и образования вакуума, контрольно-измерительными приборами и прочим оборудованием.

Технические характеристики внутреннего резервуара: диаметр днища — 30050 мм; высота стенки — 21000 мм; объем резервуара — 16846 м³; количество хранимого продукта — 10000 т; температура хранимого продукта — минус 33 °С; давление в резервуаре — 3...7 кПа; марка стали листов стенки — N-TVF33 (Япония), отечественный аналог — 16ГС, ГОСТ 5520–79; марка стали листов днища и крыши — N-TVF30N (Япония), отечественный аналог — 09Г2С, ГОСТ 5520–79.

Изотермическое хранилище жидкого аммиака изготовлено поэлементно и поставлено фирмой ТЕС Kawasaki (Япония). Оно смонтировано на площадке производства аммиака 1-А СГПП «Объединение Азот» в 1973–1974 гг.

Визуальный контроль. Визуальный контроль проведен в соответствии требованиями ДСТУ ISO 17637–2003 [3] с целью выявления и определения размеров дефектов или повреждений, образовавшихся в процессе эксплуатации в основном металле и сварных соединениях.

Задача визуального контроля согласно ДСТУ 4046–2001 [1] — выявление следующих дефектов:

в основном металле: трещин, надрывов, коррозии стенок, выпучин, гофров, раковин, язв, механических повреждений поверхности, отслоений и других поверхностных дефектов, образовавшихся или получивших развитие в процессе эксплуатации;

в сварных швах: дефектов сварки, таких как: трещины всех видов и направлений, свищей и пористости наружной поверхности шва, подрезов, наплывов, прожогов, незаплавленных кратеров, коррозии, несоответствия формы и размеров швов требованиям технической документации;

видимых деформаций конструктивных элементов: коробления, провисания, отклонения от первоначального положения.

Геометрические размеры сварных швов проверяли на соответствие требованиям ГОСТ 5264–80 [4]:

стыковые швы стенки: тип шва С25 (табл. 29): $s_1 = 16$, ширина валика усиления шва $e = 14 \pm 3$, высота валика усиления шва $g = 0,5^{+2,0}_{-0,5}$;

уторный угловой шов: тип шва Т8 (табл. 50): $s_1 = 16$, $s_2 = 7$, высота катета $e = 12 \pm 3$, ширина катета 2,4...8);

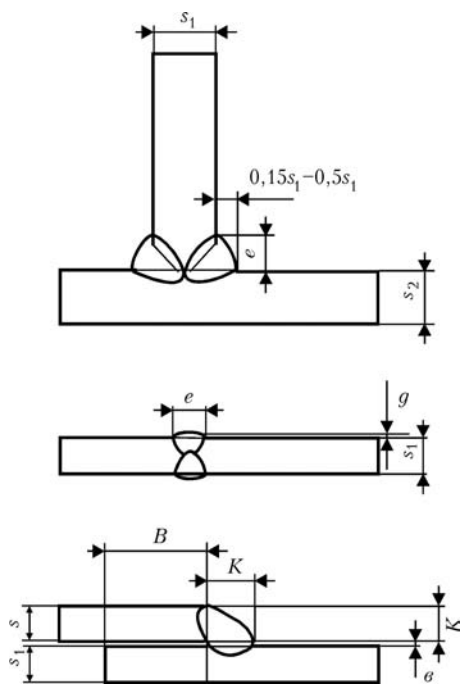


Рис. 2. Требования к размерам сварных соединений

нахлесточные швы днища: тип шва Н1 (табл. 53: $s_2 = 7$, минимальный размер катета $K = 5$, $B = 8 \dots 40$, $e = 0 + 1,5$).

Перед проведением контроля поверхность сварных швов и околошовная зона шириной по 100 мм от шва была зачищена с помощью мягких лепестковых наждачных кругов. Шероховатость зачищенных под контроль поверхностей составляла не более $R_a 12,5$ ($R_z 80$) по ГОСТ 2789–73.

При визуальном контроле использовалось следующее вспомогательное оборудование: лупы просмотровые (2* - или 3*-кратное увеличение); лупы измерительные по ГОСТ 25706–83; линейки измерительные металлические по ГОСТ 427–75; штангенциркули по ГОСТ 166–89; универсальные шаблоны сварщика УШС-3 по ТУ 102.338–83; щетки металлические и волосяные для зачистки; светильники переносные; маркеры; бинокль (для осмотра металлоконструкций стенки и крыши).

В результате тщательного визуального контроля установлено следующее.

1. Недопустимые дефекты основного металла и сварных швов, указанные в п. 5.2.9. ГОСТ 4046–2001 [1], не выявлены.

2. Геометрические размеры сварных швов не всегда соответствовали требованиям ГОСТ 5264–80 [4]. Однако их ремонт сваркой был признан нецелесообразным.

3. Сварной шов на листе № 57 протяженностью около 100 мм значительно отличался от требований табл. 53 ГОСТ 5264–80 [4] (катет горизонтальный $\cong 2$ мм, провар 2...3 мм). Участок забракован и отремонтирован сваркой (с предварительной механической выборкой металла шва).

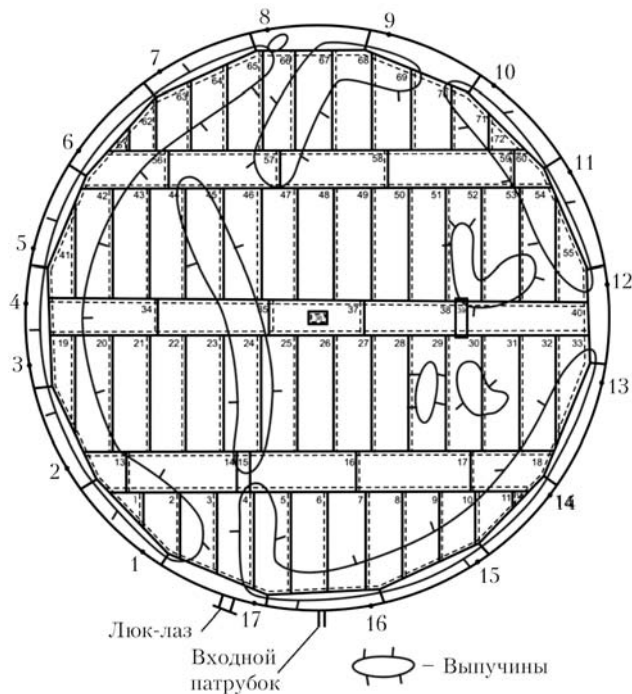


Рис. 3. Схема днища внутреннего резервуара: 1–17 — вертикальные сварные соединения 1-го пояса стенки

4. На днище расположены выпучины и хлопунты высотой до 100 мм, площадью 4...20 м² (рис. 3) как результат остаточной деформации днища после его «подъема» повышенным давлением в межстенном пространстве изотермического хранилища.

5. На 9- и 10-м поясах стенки внутреннего резервуара расположены две выпучины размером около 1,5×4,0 м и высотой около 200 мм, частично переходящие в куполообразную крышу. Выпучины не имеют резких перегибов, переломов и разрывов.

Магнитопорошковый контроль. Магнитопорошковый контроль проведен в соответствии с требованиями ГОСТ 21105–87[5], ДСТУ 2954-94 [6], ОСТ 26-01–84 [7] и «Технологической инструкции по магнитопорошковому контролю сварных соединений днища изотермического резервуара» [8] с целью выявления поверхностных и подповерхностных трещин различного происхождения, волосовин, надрывов, закатов, непроваров и других дефектов сварных соединений и околошовной зоны. При разработке инструкции [8], кроме нормативных документов [5–7], использован многолетний опыт работ ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ в области магнитного контроля, обобщенный в работе [9].

Магнитопорошковому контролю подвергнуты: нахлесточные сварные соединения центральной части днища — 100 %;

стыковые сварные соединения листов окрайка днища и нахлесточные сварные соединения листов окрайка и центральной части днища — 100 %;

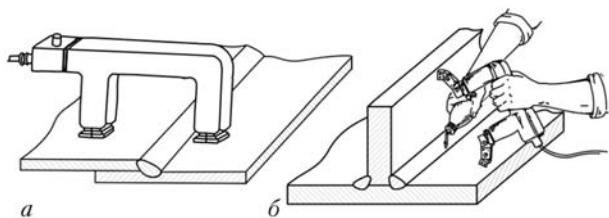


Рис. 4. Схема намагничивания сварных соединений с помощью приставного электромагнита: а — нахлесточного шва; б — уторного шва

угловой уторный шов — 100 %;
 вертикальные стыковые сварные соединения 1-го пояса стенки — выборочно, около 20 %;
 горизонтальное стыковое сварное соединение 1-го и 2-го поясов стенки — выборочно, около 20 %.

Магнитопорошковый контроль выполнен с помощью намагничивающих устройств дефектоскопов «Parker» (США) и ПМД-70 (НПО «Волна», Молдова).

Способ контроля — в приложенном поле. Способ намагничивания сварного соединения — продольное (полюсное) с помощью приставного электромагнита. Напряженность магнитного поля между полюсами — не менее 80 А/см. Нанесение магнитного порошка на контролируемую поверхность осуществлялось «сухим» способом. Применен магнитный порошок Ferromag фирмы Ely Chemical (Великобритания).

Для создания белого фона, контрастного с магнитным порошком, применена белая меловая суспензия в аэрозольной упаковке, изготовленная в НППФ «ИФХ-КОЛОП» (Киев).

Для проверки работоспособности всей системы магнитопорошкового контроля каждый час использовали контрольные образцы: образец Бертольда и контрольный образец предприятия (из комплекта дефектоскопа ПМД-70).

В результате магнитопорошкового контроля недопустимые дефекты сварного шва и околошовной зоны не выявлены.

Ультразвуковой контроль. Ультразвуковой контроль проведен в соответствии с требованиями ГОСТ 14782–86 [10], ОСТ 26–2044–83 [11] и «Технологической инструкции по ультразвуковому контролю нахлесточных и угловых сварных соединений днища изотермического резервуара» [12] с целью выявления внутренних плоскостных и объемных дефектов. При разработке инструкции [12], кроме нормативных документов [10, 11], использован многолетний опыт работ ИЭС им. Е. О. Патона в области ультразвукового контроля [13].

Полному ультразвуковому контролю подвергнуты:

- нахлесточные сварные соединения центральной части днища;
- стыковые сварные соединения листов окрайка днища и нахлесточные сварные соединения листов окрайка и центральной части днища;

- угловой уторный шов;
- вертикальные стыковые сварные соединения листов 1-го пояса стенки;
- горизонтальное стыковое сварное соединение листов 1- и 2-го поясов стенки;
- T-образные пересечения первого горизонтального шва с вертикальными швами 1- и 2-го поясов стенки.

Ультразвуковой контроль выполнен с помощью дефектоскопов USN-52 («Krautkramer», Германия) и УД2-12 (НПО «Волна», Молдова).

Для контроля применены прямые и наклонные раздельно-совмещенные преобразователи с рабочей частотой в диапазоне 2,5...5,0 МГц и углом ввода 45°, причем угловые преобразователи для контроля нахлесточных швов были специально изготовлены в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины.

Проверку основных параметров контроля проводили по контрольным образцам комплекта КОУ-2, настройка дефектоскопов и параметров контроля — на испытательных образцах с искусственными отражателями заданных размеров и местоположения.

Применены следующие способы контроля наклонным преобразователем:

- прямым лучом — для выявления дефектов в корне шва;
- однократно отраженным лучом — для выявления дефектов в середине и верхней части шва.

Для обеспечения акустического контакта преобразователя с поверхностью металла применена специальная гелеобразная смазка фирмы MR-Chemi (Германия).

- Настройка дефектоскопа включала:
 - настройку скорости развертки и глубиномера;
 - установку зоны контроля;
 - настройку чувствительности.

Нормы оценки качества в соответствии со СНиП 3.03.01–87 [14] приведены в табл. 1.

В результате ультразвукового контроля недопустимых дефектов в сварных соединениях стенки (на уровне 1-го пояса) и в уторном сварном соединении не выявлено.

К числу недопустимых дефектов по результатам УЗК отнесен один участок нахлесточного сварного соединения днища на листе № 13, протяженностью около 700 мм. Этот участок отремонтирован сваркой (после механической выборки металла шва) и проверен капиллярным и ультразвуковым контролем.

Капиллярный контроль. Капиллярный контроль проведен в соответствии с требованиями ГОСТ 18442–80 [15] и ОСТ 26–5–88 [16] для выявления невидимых или слабо видимых невооруженным глазом дефектов типа несплошностей материала, выходящих на поверхность (трещин, раковин, непроваров и т. п.).

Капиллярному контролю подвергнуты:



Таблица 1. Нормы оценки качества сварных соединений по результатам ультразвукового контроля

Сварные соединения	Толщина элемента, мм	Длина оценочного участка, мм	Фиксируемая эквивалентная площадь одиночного дефекта, мм ²		Допустимое число одиночных дефектов на оценочном участке, шт
			поисковая	браковочная	
Стыковые, угловые, тавровые, нахлесточные	6...10	20	5	7	1
	10...20	25	5	7	2
	20...30	30	5	7	3
	30...60	30	7	10	3

Таблица 2. Механические характеристики металла

Номер п/п	Номер образца	Дата испытания	Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	Относительное сужение, %	Предел текучести, кгс/мм ²	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, кгс·м/см ²	Твердость HB
1	636	21.06.04	44,0	84,0	32,0	37,0	28,5	131
2	637	21.06.04	44,0	85,0	31,0	36,0	25,7	131
3	640	23.06.04	44,0	82,0	30,0	39,0	> 12	131
4	641	23.06.04	44,5	84,0	31,5	37,0	> 12	131

сварные соединения мест врезки патрубков и люков — 100 %;

нахлесточные сварные соединения днища — выборочно, около 10 %;

стыковые вертикальные сварные соединения стенки — выборочно, около 25 %;

поверхность кольца люка, на которое устанавливается заглушка — 100 %.

Капиллярный контроль выполнен дефектоскопическими материалами фирмы MR-Chemie (Германия) в аэрозольной упаковке: пенетрант MR-68C; очиститель MR-85; проявитель MR-70.

Способ контроля — люминесцентно-цветной, люминесцентная лампа КД-33Л (НПО «Волна», Молдова). Чувствительность материалов проверяли на контрольном образце, изготовленном в соответствии с требованиями ГОСТ 23349–84 ([17], Приложение 3, образец № 2).

Капиллярный контроль включал последующие технологические операции:

очистку контролируемого участка;

нанесение на контролируемый участок пенетранта MR-68C (выдержка пенетранта на участке в течение не менее 20 мин);

удаление пенетранта с контролируемого участка ветошью, смоченной очистителем MR-85. Естественная сушка участка в течение 10...20 мин;

нанесение на контролируемый участок проявителя MR-70. Наблюдение за контролируемым участком в процессе высыхания проявителя — первые 5 мин. Второй осмотр контролируемого участка — через 20 мин после нанесения проявителя.

В результате капиллярного контроля в сварных соединениях стенки и днища недопустимые дефекты не выявлены. В нижней части кольцевого шва входного патрубка обнаружены раковины,

вскрытые при зачистке шва. Наплавленный металл шва в зоне раковин удален шлифованием абразивным кругом до полного исчезновения следов раковин. Затем произведены заварка шва и последующий капиллярный контроль.

Измерение механических характеристик металла. Механические характеристики металла измерены в лабораторных условиях на образцах, изготовленных из листов днища, по ГОСТ 6996–66 [18]. Испытания металла на разрыв выполнены на образцах типа I (Ø 3 мм) с помощью испытательной машины ИМ-4Р, на ударную вязкость — на образцах типа VII с V-образным надрезом с помощью маятникового копра МК-30М.

Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Металлографические исследования. Металлографические исследования проведены с целью изучения макро- и микроструктуры наплавленного металла шва и основного металла.

Металлографические исследования наплавленного металла шва и основного металла днища проведены в лабораторных условиях на шести образцах, изготовленных из пластин, вырезанных из днища внутреннего резервуара. Образцы приготовлены путем шлифования. Окончательная доводка поверхности выполнена алмазными пастами зернистостью 48/24, 14/10, 2/1. Травление шлифов 10 %-ным спиртовым раствором азотной кислоты.

При макроанализе наплавленного металла шва трещины, надрывы и другие дефекты в сварных соединениях не выявлены. Расстояние между пластинами нахлесточного сварного соединения составляет 0,2...1,5 мм, что отвечает требованиям ГОСТ 5264–80 (табл. 53, тип шва Н1).

Поверхность металла подвержена равномерной коррозии с глубиной язв 0,2...0,5 мм.

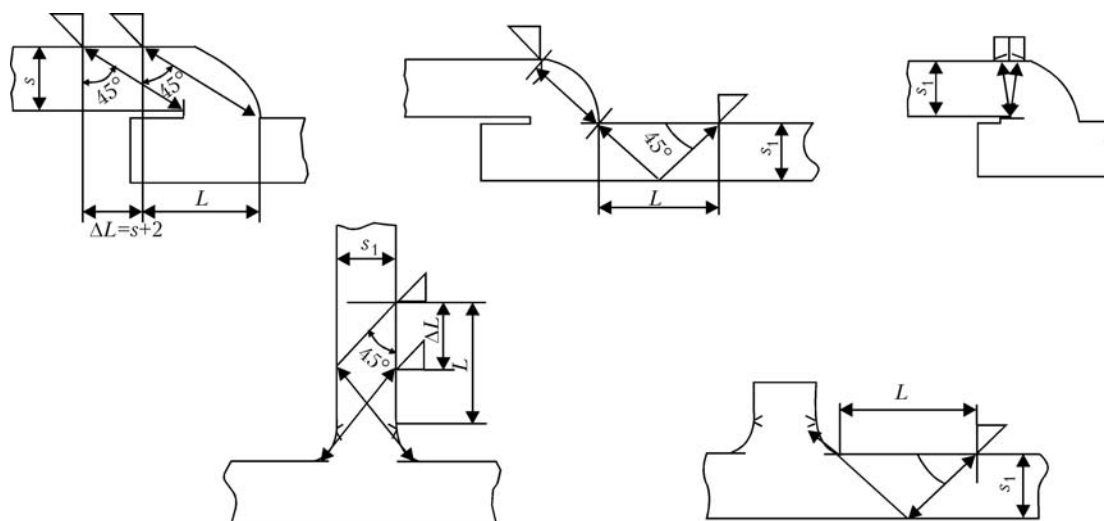


Рис. 5. Схема ультразвукового контроля сварных соединений

При изучении микршлифов сварных соединений на некоторых образцах в корне шва выявлены извилистые полости-«усы» глубиной до 0,8 мм. Их края имеют округлую форму, без образования трещин. Полости заполнены продуктами коррозии. Образовались полости-«усы», вероятнее всего, в процессе сварки, в результате выхода газов и паров металла из сварочной ванны.

Микроструктура наплавленного металла сварного шва — феррито-перлитная, мелкозернистая. В верхней части шва видны столбчатые кристаллы. Строение феррита игольчатое. В корне сварного шва микроструктура мелкозернистая.

В зоне термического влияния микроструктура металла — феррито-перлитная, переход от наплавленного металла к основному плавный. Микроструктура основного металла листов днища — феррито-перлитная. Величина зерен соответствует 9-10 балла по ГОСТ 6539–82. Наблюдается полосчатость структурных составляющих, соответствующая 2 баллу ГОСТ 6540–68.

Металлографические исследования наплавленного металла шва и основного металла стенки внутреннего резервуара проведены методом «оттиска» с поверхности с помощью полистирольных реплик и с помощью переносного микроскопа (без вырезания образцов со стенки). Для исследования были приготовлены девять зон (шлифов) в местах Т-образных пересечений вертикальных швов 1- и 2-го поясов стенки с горизонтальным швом.

Окончательная доводка поверхности шлифов выполнена алмазными пастами зернистостью 48/24, 14/10, 2/1. Использован микроскоп «Неофот-21», обеспечивающий увеличение $\times 100$ и $\times 250$.

При макроанализе шлифов размером 200×200 мм обнаружены неглубокие подрезы, расположенные по линии сплавления металла шва и основного металла, а также скопления микро-

пор. Эти незначительные дефекты образовались в процессе изготовления резервуара.

Микроструктура наплавленного металла сварных швов стенки — феррито-перлитная. В ряде образцов в зоне термического влияния сварного соединения обнаружены микронадрывы металла. Микроструктура основного металла стенки — феррито-перлитная. Величина зерен соответствует 8-9 баллу ГОСТ 5639–82. На одном из шлифов обнаружены поверхностные микротрещины, исчезнувшие при шлифовании на глубину 0,2 мм, а также скопление микропор; на другом — цепочка язв коррозионного происхождения.

В результате металлографических исследований установлено, что микроструктура, величина зерна, состояние межзеренных границ наплавленного металла шва и основного металла днища и стенки типичная для низкоуглеродистых сталей и их сварных соединений.

Химический анализ стали. Химический анализ образцов, вырезанных из днища внутреннего резервуара, показал, что металл соответствует отечественному аналогу сталь 10Г2 по ГОСТ 4543–71 (табл. 3). Химический анализ образцов металла днища на содержание водорода дал такие результаты: 0,0005...0,0006 % (мас.).

Выводы

По результатам неразрушающего контроля сварных соединений и основного металла внутреннего резервуара в ремонт переданы три участка: нахлесточного шва на листе № 13 (около 700 мм); нахлесточного шва на листе № 57 (около 100 мм); сварного шва входного патрубка (около 40 мм). Все названные участки отремонтированы и повторно проверены.

В сварных соединениях и основном металле внутреннего резервуара изотермического хранилища жидкого аммиака (позиция 1001-F, регистрационный номер 02652) средствами неразруша-



Таблица 3. Химический состав металла дна

Fe	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W
98,0	0,13	0,29	1,35	0,001	0,014	0,065	0,047	0,065	0,020	0,0007	0,013	0,037	0,022

ющего контроля недопустимых дефектов не обнаружено. Металлографические исследования, механические испытания образцов и химический анализ металла не выявили отклонений от требований к стали этого типа.

Внутренний резервуар изотермического хранилища жидкого аммиака (позиция 1001-F, регистрационный номер 02562) допущен к эксплуатации до 30 июня 2009 г.

1. ДСТУ 4046–2001. «Оборудование технологическое нефтеперерабатывающее, нефтехимических и химических производств. Техническое диагностирование. Общие технические требования».
2. РД 03-410–01. «Инструкция по проведению комплексного технического освидетельствования изотермических резервуаров сжиженных газов».
3. ДСТУ ISO 17637–2003. «Неразрушающий контроль сварных швов. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением».
4. ГОСТ 5264–80. «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры».
5. ГОСТ 21105–87 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод».
6. ДСТУ 2954–94 «Сталь. Методы магнитного контроля».
7. ОСТ 26-01–84 «Швы сварных соединений стальных сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика магнитопорошкового метода контроля».

8. Технологическая инструкция по магнитопорошковому контролю сварных соединений дна изотермического резервуара / Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 2003 г. — 14 с.
9. Троицкий В. А. Магнитопорошковый контроль сварных соединений и деталей машин. — Киев: Феникс, 2002. — 300 с.
10. ГОСТ 14782–86 «Контроль неразрушающий. Швы сварные. Методы ультразвуковые».
11. ОСТ 26-2044–83 «Швы стыковых и угловых сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля».
12. «Технологическая инструкция по ультразвуковому контролю нахлесточных и угловых сварных соединений дна изотермического резервуара». — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 2003. — 18 с.
13. Троицкий В. А. Краткое пособие по контролю качества сварных соединений. — Киев, ИЭС им. Е. О. Патона, 1997. — 224 с.
14. СНиП 3.03.01–87. Несущие и ограждающие конструкции. — М.: 1988. — 190 с.
15. ГОСТ 18442–80 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования».
16. ОСТ 26-5–88 «Контроль неразрушающий. Цветной метод контроля сварных соединений, наплавленного и основного металла».
17. ГОСТ 18442–80 «Контроль неразрушающий. Дефектоскопы капиллярные. Общие технические требования и методы испытаний».
18. ГОСТ 6996–66 «Сварные соединения. Методы определения механических свойств».

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев
 ЗАО «Северодонецкое объединение АЗОТ»
 ЗАО «Северодонецкий ОРГХИМ»

Поступила в редакцию
 07.07.2006

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Приглашаем Вас разместить рекламную информацию (ч/б или в цвете) в журнале «Техническая диагностика и неразрушающий контроль» в 2006 г.

Редакция журнала принимает активное участие в конференциях по НК и специализированных выставках в качестве отдельного экспонента и распространяет дополнительные тиражи среди участников и посетителей конференций и выставок.

Будем рады Вашим предложениям.

Дополнительную информацию можно получить
 по тел.: (044) 271-23-90, 529-26-23; E-mail: journal@paton.kiev.ua