

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ РУЛОНИРОВАННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НА ГЕТЕРОГЕННОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Вагазова Д.Д., Тляшева Р.Р.

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа

Ключевые слова: резервуар, напряженно-деформированное состояние, рулонирование, полотнище, стенка резервуара, сталь.

Аннотация. Рулонирование – метод производства резервуаров, значительно ускоряющий монтаж. Полотнище резервуара, днище и крыша доставляется на площадку в виде рулонов, что снижает объем и повышает качество сварных работ за счет заводской автоматической сварки с двух сторон. Напряженно-деформированное состояние полотнища резервуара, изготовленного методом рулонирования, существенно отличается от напряженно-деформированного состояния полотнища резервуара, изготовленного полистовой сборкой. Сворачивание и разворачивание полотна в рулон вызывают различные деформации металла: упругие, упруго-пластические и пластические. Неоднородность сварных швов усиливает этот эффект, приводя к значительным пластическим деформациям в области сварного шва. Исследование сосредоточено на определении механических характеристик полотнища резервуара до и после рулонирования с целью оценки влияния данной технологии сборки.

INFLUENCE OF THE TECHNOLOGY OF ASSEMBLY OF ROLLED TANKS ON THE HETEROGENEITY OF THE DISTRIBUTION OF MECHANICAL PROPERTIES

Vagazova D.D., Tlyasheva R.R.

Ufa State Petroleum Technical University, Ufa

Keywords: reservoir, stress-strain state, rolling, panel, tank wall, steel.

Abstract. Rolling is a method of producing tanks that significantly speeds up installation. The tank panel, bottom and roof are delivered to the site in the form of rolls, which reduces the volume and improves the quality of welding work due to factory automatic welding on both sides. The stress-strain state of the tank panel made by the rolling method differs significantly from the stress-strain state of the tank panel made by a sheet assembly. Folding and unfolding of the web into a roll causes various deformations of the metal: elastic, elastic-plastic and plastic. The heterogeneity of the welds enhances this effect, leading to significant plastic deformations in the weld area. The study focuses on determining the mechanical characteristics of the tank panel before and after rolling in order to assess the impact of this assembly technology.

Введение

Напряженно-деформированное состояние стенки резервуара, изготовленного методом рулонирования, существенно отличается от напряженно-деформированного состояния стенки резервуара, изготовленного полистовой сборкой [1].

В отличие от полистовой сборки, резервуар в процессе рулонирования подвергается упруго-пластическим и пластическим деформациям, так как его основные листовые элементы изготавливаются в виде полотнищ [2-5]. Изготовление полотнищ осуществляется на стенде рулонирования. Стенд представляет собой комплекс сборочно-сварочных площадок, кантовочного барабана и устройства для сворачивания полотнищ в рулоны. Максимальная высота рулонов составляет 18 м, а вес зависит от грузоподъемности подвижного состава.

На строительной площадке после снятия фиксаторов рулон полотнища начинает самопроизвольно разворачиваться под воздействием внутренних напряжений, возникших при сворачивании. Этот свободный радиус разворачивания подлежит расчету.

Для достижения проектного радиуса требуется дополнительное разворачивание рулона с применением внешних усилий. В результате, в собранной конструкции возникает внутренний момент, стремящийся свернуть полотнище, что может привести к деформации стенки резервуара.

Сваривание полотнища вызывает в металле различные виды деформаций, такие как упругие, упруго-пластические и пластические. Пропорции этих деформаций зависят от нескольких факторов, ключевым из которых является радиус сворачивания [6-8]. Соотношение этих трёх стадий определяется следующими существенными факторами: радиус сворачивания, предел текучести стали, толщина листов. Остаточная пластическая деформация в металле полотнища увеличивается с уменьшением радиуса сворачивания, снижением предела текучести и увеличением толщины листа.

Материалы и методы исследования

Для изготовления полотнища выбрана сталь СтЗсп – распространенный в нефтегазовой промышленности материал, обладающий хорошим сочетанием прочности и пластичности. Сталь СтЗсп – углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества, механические свойства приведены в таблице 1.

Табл. 1. Механические свойства СтЗсп

Класс стали	Марка стали	ГОСТ	Механические свойства				
			E , МПа	σ_B , МПа	ϵ_B	σ_T , МПа	ϵ_T
C255	СтЗсп	14637-89	$2,1 \cdot 10^5$	450	0,26	255	0,0032

Полотнища резервуаров имеют существенные размеры, что усложняет процесс их исследования, в связи с этим в данной работе изготовлены полотнища небольшого размера, позволяющие в полной мере исследовать состояние стенки резервуара после рулонирования [9, 10]. Полотнища были изготовлены путем нарезания цельного листа по необходимым размерам и сварки. Таким образом, исследуемые полотнища выполнены из одного листа и имеют максимально близкие механические характеристики (рис. 1).

В дальнейшем для удобства исследования было решено разрезать оба полотнища вдоль пополам.

Для изгиба полотнищ использовался электромеханический вальцовочный станок, позволяющий подвергать образцы действию чистого изгиба (рис. 2).



Рис. 1. Изготовленные экспериментальные: а – полотнище №1; б – полотнище №3

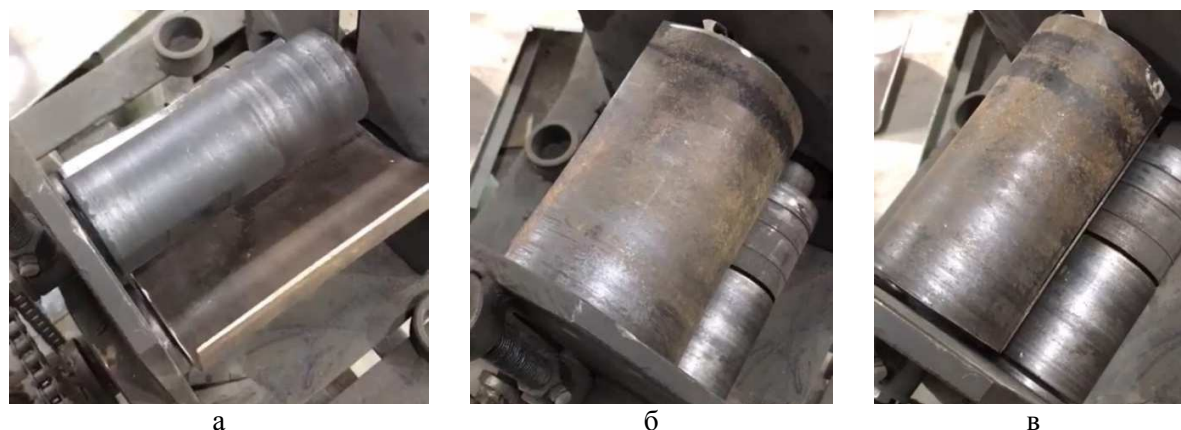


Рис. 2. Сваривание полотнищ в рулон: а – начало процесса сворачивания; б – промежуточная стадия процесса сворачивания; в – полученный рулон



а



б

Рис. 3. Полотнище №3 после рулонирования (а) и разворачивания (б)

Далее для сравнения механических свойств были изготовлены образцы для растяжения из полотнища №1, которое не подвергалось рулонированию и из рулонированного полотнища №3 (рис. 4, рис. 5). Испытания проводились согласно ГОСТ 1497-84 «Металлы. Методы испытания на растяжение».

Результаты

Для определения фактических предела прочности и предела текучести были выполнены испытания на растяжение образцов на разрывной машине INSTRON 8801 (рис. 6).

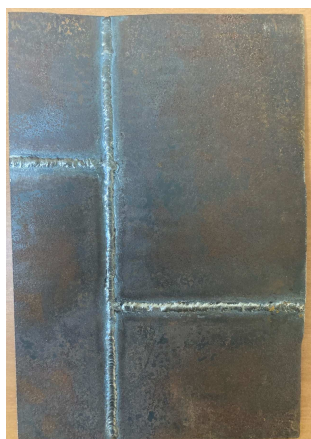


Рис. 4. Образцы для растяжения из полотнища №1



Рис. 5. Образцы для растяжения из полотнища №3



Рис. 6. Испытательная машина INSTRON 8801

При сравнении результатов испытания образцов без сварного шва (рис. 7, а, табл. 2) видно, что после рулонирования произошло упрочнение в зоне основного металла.

Из результатов испытания образцов со сварным швом (рис. 7, б, табл. 3) можно сделать вывод о том, что после рулонирования в зоне термического влияния сварного соединения прочность металла снизилась.



Рис. 7. Образцы после разрушения: а – без сварного шва; б – со сварным швом

Табл. 2. Механические характеристики, полученные в результате растяжения образцов без сварного шва

№ образца	Максимальная нагрузка, Н	Предел прочности при растяжении, МПа	Предел текучести, МПа
1 (до рулонирования)	22139	443	271
3 (после рулонирования)	23551	471	268

Табл. 3. Механические характеристики, полученные в результате растяжения образцов со сварным швом

№ образца	Максимальная нагрузка, Н	Предел прочности при растяжении, МПа	Предел текучести, МПа
1 (до рулонирования)	24097	482	323
3 (после рулонирования)	22558	452	257

Выводы. В двух случаях были получены прямо противоположные результаты, которые свидетельствуют о том, что механические свойства материала полотна после рулонирования распределяются неоднородно, что требует продолжения начатых исследований.

Список литературы

1. Комаров П.А. Определение радиуса вальцовки ремонтных вставок при ремонте стальных резервуаров, изготовленных методом рулонирования // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2012. – №4. – С. 215-220.
2. Каравайченко М.Г. Прочность и живучесть резервуаров. – СПб.: Научные технологии, 2023. – 524 с.
3. Тянь В.К., Комаров П.А. Моментная теория моделирования процессов производства, строительства и эксплуатации резервуаров, изготовленных промышленным способом // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2022. – № 5-6. – С. 43-49. – DOI: 10.24412/0131-4270-2022-5-6-43-49.
4. Тянь В.К., Комаров П.А. Индивидуальный подход к ремонту поясов резервуара промышленного изготовления // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2023. – № 1. – С. 29-34. – DOI: 10.24412/0131-4270-2023-1-29-34.
5. Гафарова В.А., Шерматов Д.Н., Баязитов М.И., Арсланов А.Л. Изменение распределения магнитных характеристик в стальной оболочковой конструкции в результате формирования сварного соединения (часть 2) // Нефтегазовое дело. – 2023. – Т. 21, № 6. – С. 252-263. – DOI: 10.17122/ngdelo-2023-6-252-263.
6. Насибуллина О.А., Гляшева Р.Р., Касинцева Д.Д. Повышение точности изготовления сварных корпусов аппаратов для обеспечения наилучшего теплообмена // Нефтегазовое дело. – 2022. – Т. 20, № 2. – С. 148-154. – DOI: 10.17122/ngdelo-2022-2-148-154.
7. Сулейменов У.С., Камбаров М.А., Абшенов Х.А., Сарсенбаев А.А. Оценка напряженно-деформированного состояния (НДС) зоны вмятины в стенке вертикального цилиндрического резервуара // Путь науки. – 2016. – Т. 1, № 9(31). – С. 18-22.
8. Баязитов М.И., Нугаев И.К. Совершенствование мониторинга надежности, определение основных целей технического обслуживания оборудования и понятий отказов // Современные технологии в нефтегазовом деле – 2021. Сборник трудов международной научно-технической конференции. – Октябрьский: УГНТУ, 2021. – С. 573-577.
9. Мухаметдинов Р.А., Гляшева Р.Р. К вопросу о напряженно-деформированном состоянии (НДС) в эластичных резервуарах // Вестник молодого ученого УГНТУ. – 2022. – № 2(18). – С. 63-68.

10. Абдрахманова К.Н., Тляшева Р.Р., Шерматов Д.Н., Кадыров Р.О., Гафарова В.А., Гимаев Р.А. Верификация цифровой модели нагружением оболочки внутренним давлением до разрушения // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2022. – № 2. – С. 5-19. – DOI: 10.17122/ogbus-2022-2-5-19.

References

1. Komarov P.A. Determination of the rolling radius of repair inserts during the repair of steel tanks made by the rolling method // Bulletin of the Samara State Technical University. Series: Technical Sciences. 2012, no. 4, pp. 215-220.
2. Karavaichenko M.G. Strength and survivability of reservoirs. – SPb.: High-tech technologies, 2023. – 524 p.
3. Tyan V.K., Komarov P.A. Moment theory of modeling the processes of production, construction and operation of tanks manufactured in an industrial way // Transport and storage of petroleum products and hydrocarbon raw materials. 2022, no. 5-6, pp. 43-49. DOI: 10.24412/0131-4270-2022-5-6-43-49.
4. Tyan V.K., Komarov P.A. An individual approach to the repair of industrial production tank belts // Transport and storage of petroleum products and hydrocarbon raw materials. 2023, no. 1, pp. 29-34. – DOI: 10.24412/0131-4270-2023-1-29-34.
5. Gafarova V.A., Shermatov D.N., Bayazitov M.I., Arslanov A.L. Change in the distribution of magnetic characteristics in a steel shell structure as a result of the formation of a welded joint (part 2) // Oil and gas business. 2023, vol. 21, no. 6, pp. 252-263. DOI: 10.17122/ngdelo-2023-6-252-263.
6. Nasibullina O.A., Tlyasheva R. R., Kasintseva D. D. Improving the accuracy of manufacturing welded apparatus housings to ensure the best heat transfer // Oil and gas business. 2022, vol. 20, no. 2, pp. 148-154. DOI: 10.17122/ngdelo-2022-2-148-154.
7. Suleimenov U.S., Kambarov M.A., Abshenov H.A., Sarsenbaev A.A. Assessment of the stress-strain state (VAT) of the dent zone in the wall of a vertical cylindrical tank // Path of Science. 2016, vol. 1, no. 9(31), pp. 18-22.
8. Bayazitov M.I., Nugaev I.K. Improving reliability monitoring, determining the main objectives of equipment maintenance and concepts of failures // Modern technologies in oil and gas business – 2021. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Oktyabrsky: USPTU, 2021. – P. 573-577.
9. Mukhametdinov R.A., Tlyasheva R.R. On the issue of stress-strain state (VAT) in elastic reservoirs // Bulletin of the young scientist of the USPTU. 2022, no. 2(18). pp. 63-68.
10. Abdrakhmanova K.N., Tlyasheva R.R., Shermatov D.N., Kadyrov R.O., Gafarova V.A., Gimaev R.A. Verification of the digital model by loading the shell with internal pressure before destruction // Electronic scientific journal Oil and Gas business. 2022, no. 2, pp. 5-19. DOI: 10.17122/ogbus-2022-2-5-19.

Сведения об авторах:

Вагазова Дарья Дмитриевна – аспирант, инженер кафедры «Технология металлов в нефтегазовом машиностроении»

Тляшева Резеда Рафисовна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование»

kasintsevadaria@mail.ru

Information about authors:

Vagazova Daria Dmitrievna – postgraduate student, engineer of the Department of metal technology in oil and gas engineering at usptu

Tlyasheva Rezeda Rafisovna – doctor of technical sciences, professor, professor of the Department of technological machines and equipment

Получена 27.10.2024