

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СБОРКИ РАБОЧИХ КОНТЕЙНЕРОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОСТАТОВ

Андреев А. А., Корчак Е. С.

Рассмотрены особенности конструкции и эксплуатации контейнеров газостатов. Особое внимание уделено изучению их напряжённо-деформированного состояния. Проанализированы напряжения, возникающие при сборке с натягом внутренней и средней втулок рабочего контейнера. Установлены численные зависимости напряжений в сопрягаемых деталях от величины максимального и минимального натягов для различных видов посадок. Изложена последовательность этапов сборки контейнера, приведен рабочий чертеж контейнера в сборе и схема его нагружения. Даны практические рекомендации по проектированию контейнеров промышленных газостатов рациональной конструкции и выполнению обмотки контейнера.

Розглянуто особливості конструкції та експлуатації контейнерів газостатів. Особливу увагу приділено вивченню їх пружно-деформованого стану. Проаналізовано напруги, що виникають при збиранні з натягом внутрішньої та середньої втулок робочого контейнеру. Встановлені чисельні залежності напруг у взаємодіючих деталях від величини максимального та мінімального натягів для різних видів посадок. Викладено послідовність етапів збирання контейнера, наведено робоче креслення контейнера у зборі та схему його навантаження. Дано практичні рекомендації з проектування контейнерів промислових газостатів раціональної конструкції та виконанню обмоток контейнера.

Constructive and operating peculiarities of industry HIP-machine containers are revealed. Special consideration is given to its stressed-and-deformed state investigation. Tensions occurring under assembling of the working container inner and middle bushes with interference fit are analyzed. Numerical dependences of tensions in assembled parts as a function of maximum and minimum interference for different types of fits are established. Succession of the main stages of container assembling is set out, assembled container working drawing and its loading scheme are given. Practical recommendations of industry HIP-machine containers of rational construction designing and making of its winding are delivered.

Андреев А. А.

студент ДГМА

Корчак Е. С.

докторант, канд. техн. наук, доц. ДГМА
helen_korchak@ukr.net

УДК 621.762

Андреев А. А., Корчак Е. С.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СБОРКИ РАБОЧИХ КОНТЕЙНЕРОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОСТАТОВ

Развитие технологий получения изделий путем газостатического прессования металлических, керамических и композиционных порошков требует постоянного увеличения, как рабочего давления, так и объема рабочей камеры – контейнера – для достижения уникальных технических характеристик обрабатываемых материалов [1, 2]. В связи с этим проектирование контейнеров рациональной конструкции, обеспечивающих надёжную и долговечную эксплуатацию, является важной задачей при создании промышленных газостатов [3].

Рабочие контейнеры промышленных газостатов являются ответственными тяжело-нагруженными узлами, воспринимающими изнутри силовое воздействие со стороны факторов технологического процесса – давления и температуры [4].

Вследствие воздействия высоких давления и температуры в конструкции рабочего контейнера 1 необходимо предусмотреть следующие принципиальные особенности (рис. 1) [3]:

- непосредственно контейнер состоит из набора вставленных одна в другую полых тонкостенных трубчатых втулок (оболочек) 1, которые собираются в цельную конструкцию путем сборки с гарантированным натягом;

- из-за высокой температуры (2000°K и выше) контейнеру требуется охлаждение, для чего по наружной поверхности средней втулки выполнены канавки по которым пропускают охлаждающую жидкость;

- для обеспечения прочности контейнера в радиальном направлении его утягивают многослойной ленточной обмоткой 2, охватывающей наружную поверхность контейнера;

- снизу и сверху контейнер закрыт толсто-стенными герметичными крышками 3 и 4, перемещение которых ограничено в вертикальных направлениях элементами станины.

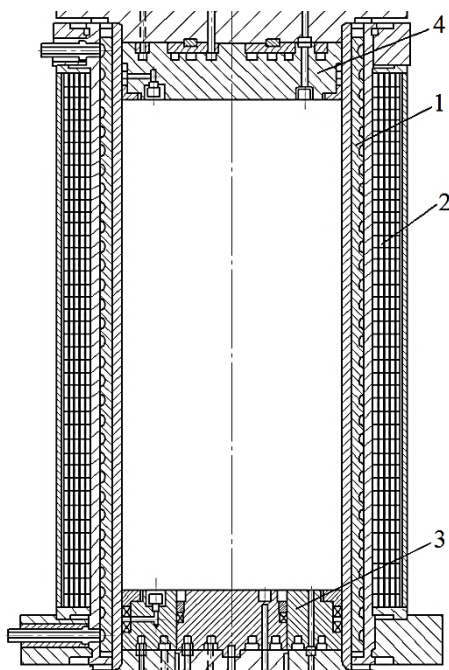


Рис. 1. Типовая конструкция контейнера промышленного газостата

Как показывает опыт промышленной эксплуатации газостатов, важным для достижения необходимых эксплуатационных характеристик является обеспечение качественной сборки с натягом полых тонкостенных трубчатых втулок 1, способных воспринимать параметры технологического процесса – давления и температуры – в течение заданного числа рабочих циклов нагружений без разрушений и деформаций.

Целью работы является разработка научных основ сборки полых тонкостенных трубчатых втулок в единую конструкцию, обеспечивающих надежность и долговечность работы контейнера при заданных условиях.

Сборка контейнера газостата производится в несколько основных этапов:

- производят сборку с натягом внутренней и средней втулок путем нагрева последней и взаимного совмещения по контрольным меткам;

- после охлаждения производятся замеры диаметральных размеров сборочной единицы с последующей (при необходимости) механической корректировкой;
- на наружной поверхности собранных оболочек выполняют канавки для подвода охлаждающей жидкости (рис. 2) и обрезку внутренней втулки, т. к. перед сборкой она имеет припуски для упрощения манипулирования при выполнении сборочных операций;
- сборка с натягом внешней втулки с полученной ранее сборочной единицей с последующим замером и корректировкой диаметральных размеров.

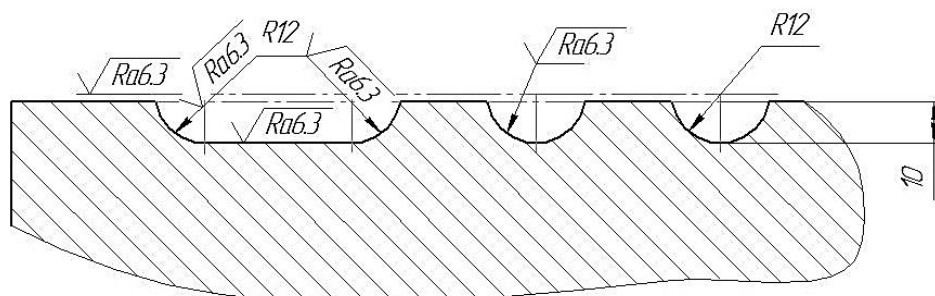


Рис. 2. Профиль канавок для подвода охлаждающей жидкости

С целью рационального подбора диаметральных параметров тонкостенных трубчатых втулок и контейнера в целом, обеспечивающих достаточную его прочность, необходимо разработать научно обоснованную методику расчета параметров сборки и величина натяга, возникающего между втулками в зависимости от вида посадки. При этом исходным условием является построение схемы нагружения отдельных слоев контейнера (рис. 3).

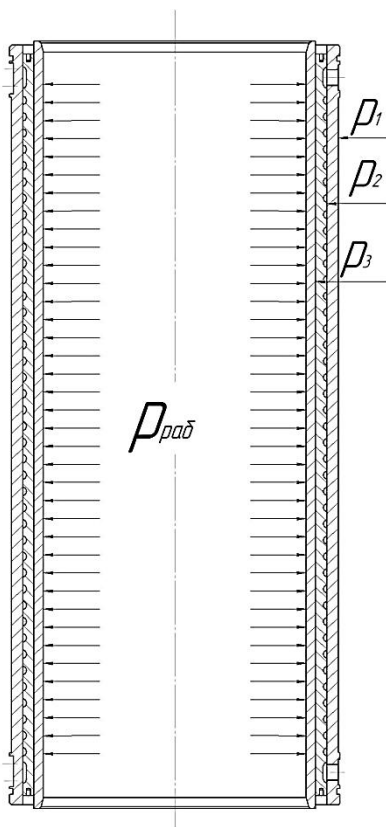


Рис. 3. Схема нагружения контейнера

Согласно приведенной схеме (рис. 3) в конструкции контейнера присутствуют давления:

p_1 – давление, создаваемое многослойной ленточной обмоткой;

p_2 – давление, создаваемое посадкой с натягом внешней и средней втулок;

p_3 – давление, создаваемое посадкой с натягом средней и внутренней втулок;

$p_{раб}$ – рабочее давление во внутренней (рабочей) полости контейнера газостата.

В данном случае необходимо рассчитать давления p_2 и p_3 для оценки уровня напряжений, возникающих во втулках в результате посадки с натягом.

Исходными данными для расчета являются:

- геометрические параметры втулок (рис. 4);
- вид посадки с натягом;
- коэффициент Пуассона материала втулок.

При этом в качестве базового выбран промышленный газостат с контейнером ранее описанной конструкции и следующими техническими параметрами:

- рабочее давление – 200 МПа;
- максимальная рабочая температура – 2 295 °К;
- рабочий газ – азот;
- габариты рабочего пространства – диаметр 320 мм, высота 700 мм.

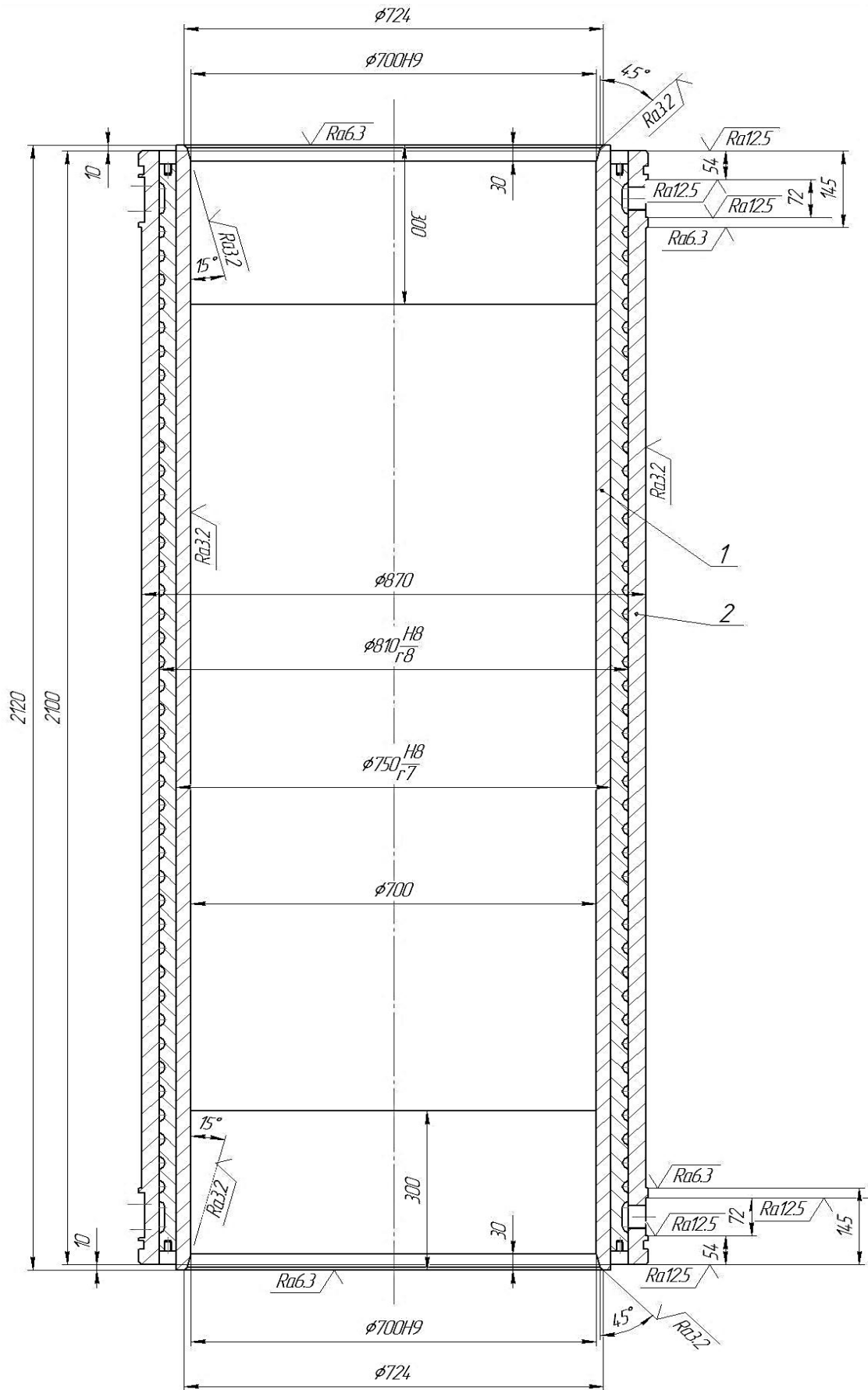


Рис. 4. Контейнер газостата в сборе (рабочий чертеж)

Расчет ширины охватывающей e_1 и охватываемой e_2 деталей в радиальном направлении выполняется по следующим формулам:

$$e_1 = \frac{D-d}{2}; \quad e_2 = \frac{D_1-d_1}{2},$$

где D , D_1 – внешние диаметры сопрягаемых деталей, мм; d , d_1 – внутренние диаметры сопрягаемых деталей, мм.

Напряжения в охватывающей σ_1 и охватываемой σ_2 деталях рассчитываются по формулам:

$$\sigma_1 = \frac{\delta \cdot E_2}{\left(1 + \frac{e_1 \cdot E_2 \cdot D}{e_2 \cdot E_1 \cdot d_1}\right) \cdot d_1}; \quad \sigma_2 = \frac{\delta \cdot E_1}{\left(1 + \frac{e_1 \cdot E_2 \cdot d_1}{e_2 \cdot E_1 \cdot D}\right) \cdot D},$$

где δ – фактический диаметральный натяг в соединении, мм; E_1 , E_2 – модули упругости охватывающей и охватываемой деталей соответственно, МПа.

В соответствии с данной методикой можно рассчитать натяг, возникающий между втулками газостата. Причем при некоторых соотношениях размеров результаты расчета могут быть одинаковыми, как для охватывающей, так и для охватываемой втулок. Обычно рассчитывают значения напряжений, возникающих во втулках при максимальном и минимальном натяге, что позволяет оценить среднее значение напряжений, возникающее в результате посадки с натягом. На рис. 5 приведены результирующие графики.

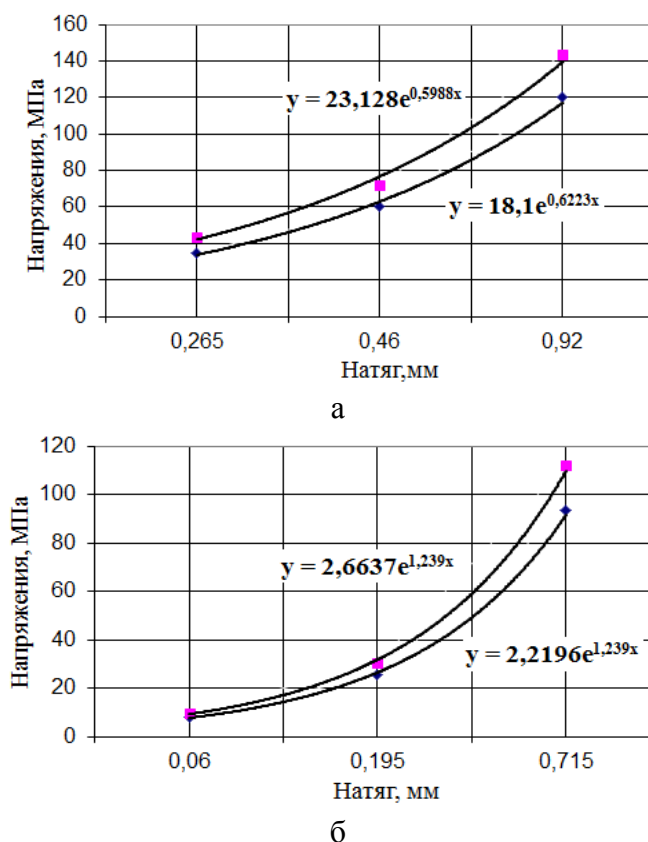


Рис. 5. Графики зависимости напряжений, возникающих в результате сборки, от величины натяга (розовые точки соответствуют параметрам внутренней втулки, синие – средней): а – зависимость напряжений во втулках при максимально возможном натяге; б – зависимость напряжений во втулках при минимально возможном натяге

При построении графиков (рис. 5) и анализе напряжений исследованию подвергались следующие виды посадок с натягом – $\frac{H8}{r7}$, $\frac{H8}{s7}$ и $\frac{H8}{u7}$.

С увеличением величины натяга напряжения в элементах сборки также увеличиваются. Причем величина напряжений сжатия, возникающих в охватываемом элементе (внутренней втулке), выше в среднем на 10–20 МПа, чем в охватывающем элементе (средней втулке). В соответствии с уравнениями линий тренда зависимость напряжений от величины натяга носит экспоненциальный характер.

ВЫВОДЫ

Данные расчета приведены для внутренней и средней втулок. Расчет соединения с натягом для средней и наружной втулок осуществляется идентичным образом. Однако при оценке несущей способности полностью собранного контейнера при подаче рабочего давления $p_{раб}$ необходимо учитывать величину давления p_1 , создаваемого многослойной ленточной обмоткой. В зависимости от соотношения напряжений от посадок с натягом, напряжения от внутреннего давления рабочей среды и напряжения от натяга многослойной ленточной обмотки создаются различные напряженно-деформированные состояния в слоях контейнера и на внешней поверхности его наружной втулки, вплоть до перехода напряжений растяжения в напряжения сжатия. При определенных условиях данный переход является желательным, т. к. создает предварительное нагружение (сжатие) контейнера, необходимое для осуществления длительного процесса горячего изостатического прессования и выдержки изделия внутри контейнера при высоких значениях рабочих давлений и температур.

Посредством данной методики появляется возможность расчета натяга между втулками контейнера газостата для подбора оптимального соотношения величин натягов, позволяющих рационально использовать количество ленты, наматываемой поверх контейнера, для увеличения его прочности и несущей способности, а также снизить металлоемкость конструкции газостата без потери прочностных свойств машины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 60 лет научно-конструкторской и производственной деятельности ВНИИМЕТМАШ. – М. : Наука, 2005. – С. 451–464.
2. Гарибов Г. С. Газостаты ВИЛСа / Г. С. Гарибов, Т. Ю. Глюстен // Заготовительные производства в машиностроении. – Москва : Машиностроение, 2010 – № 7. – С. 28–32.
3. Корчак Е. С. Пути совершенствования конструкций контейнеров промышленных газостатов / Е. С. Корчак, О. А. Ковалёва // Заготовительные производства в машиностроении. – М. : Машиностроение, 2014. – № 9. – С. 28–30.
4. Корчак Е. С. Исследование напряженно-деформированного состояния контейнеров газостатических установок обработки материалов давлением / Е. С. Корчак, О. А. Ковалёва // Станочный парк. – Санкт-Петербург, 2013. – № 6 (105). – С. 23–24.