

УДК 621.882.442

## Проблемы изготовления шайб сферических для разъемных соединений насосного оборудования

Дегтярев И.М., Нешта А.А., Самардак Н.Ф.

Сумский государственный университет, Сумы, Украина

*Герметичность корпуса, которая обеспечивается уплотнением главного разъема за счет затяжки резьбовых пар «шпилька-гайка», является одним из основных условий безопасной эксплуатации насоса. В обеспечении надежности работы резьбовых пар для минимизации напряжений изгиба в шпильках применяются шайбы сферические.*

*Выполнен анализ существующих стандартов на крепежные изделия, а именно информации, касающейся шайб сферических. Выявлены несоответствия в пунктах стандартов, в части технологии изготовления и правил приемки шайб сферических*

*Показаны причины того, почему в конструкторской документации до сих пор указывается необходимость притирки сопрягаемых поверхностей шайб сферических.*

*На основе существующей практики изготовления предложен подход к оформлению конструкторской документации на шайбы сферические, который позволяет узаконить применение токарной обработки сферических поверхностей шайб, при сохранении требований стандартов по минимально необходимой площади контакта сопрягаемых сфер.*

Ключевые слова: насосостроение; шайбы сферические; площадь прилегания; технологический процесс; притирка.

Активное развитие мировой промышленности требует дополнительных энергоресурсов и транспортировки их основных видов (вода, нефть и т.д.) к местам производства и жизнедеятельности людей, что осуществляется с помощью различных видов насосов. В связи с этим потребность в насосах и насосном оборудовании резко возрастает. Также ввиду конкуренции в области насосостроения заказчик при выборе продукции все чаще обращает внимание на качество изготовления, выражающееся в заявленном сроке безотказной работы, сроках гарантийного обслуживания, продолжительности межремонтных периодов и стоимости обслуживания по прошествии гарантийных сроков. Таким образом предприятия насосостроения Украины вынуждены конкурировать с фирмами развитых и активно развивающихся стран.

С технической точки зрения насос представляет собой гидравлическую машину, в которой механическая энергия преобразуется в энергию потока жидкости, служащую для перемещения и создания напора жидкостей всех видов, механической смеси жидкости с твердыми веществами или сжиженных газов.

Область применения насосов чрезвычайно обширна, насосы и насосное оборудование используется для перекачки жидкости во всех современных промышленных производствах. Насосы обеспечивают водой и теплом огромные мегаполисы, откачивают промышленные и коммунальные стоки, и работают везде, где необходимо создать энергию потока.

Отдельную группу составляют насосы для атомных электростанций (АЭС), которые по условиям эксплуатации разделяются на две группы: насосы, работающие в тепловом контуре станции и насосы системы водоподготовки.

К насосам, работающим в системе водоподготовки, предъявляются требования, аналогичные как и для промышленных насосов. Насосы, работающие непосредственно в тепловом контуре АЭС, содержат специальные требования, связанные со специфическими условиями работы насосного оборудования АЭС.

Последние вызваны необходимостью обеспечения высокой степени надёжности работы насосов в условиях радиации и регламентированы рядом нормативных документов. Среди них «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок» ПНАЭ Г-7-008-89 [1], «Крепежные изделия для разъемных соединений атомных энергетических установок. Технические условия» ГОСТ Р 54786-2011 [2] и др.

Вышеуказанные требования к безопасности работы, особенно насосов для АЭС, направлены на гарантирование герметичности корпуса насоса, которая достигается уплотнением его главного разъема.

Как правило, уплотнение главного разъема обеспечивается при помощи резьбового соединения «шпилька-гайка» в котором для возможности компенсации непараллельности плоскости крышки и опорной плоскости гайки используют шайбы сферические. Преимуществом данных шайб по сравнению с плоскими подкладными является возможность самоустанавливаться выпуклой шайбе относительно вогнутой, что позволяет устранить изгибающие напряжения на шпильке насоса. При этом следует отметить, что изготовление шайб сферических по сравнению с плоскими подкладными шайбами несет определенные трудности и соответственно дополнительные затраты при их производстве.

Согласно [2] крепежные изделия (болт, шпилька, гайка и шайба), изготавливаются из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. К шайбам, регламентируемым стандартом [2], относятся плоские подкладные и сферические (выпуклые и вогнутые) шайбы.

При проектировании шайб плоских, конструктор имеет возможность просто выбирать их из ряда предусмотренного ГОСТ 9065-75 [4], который регламентирует их конструкцию и размеры. При разработке документации на шайбы сферические конструктор вынужден сам определяться с их конструкцией и размерами, так как существующие стандарты, упоминающие шайбы сферические, дают разработчику общие методические указания.

При анализе технических требований к шайбам сферическим стоит заметить, что данные требования к крепежным соединениям в [2] дублируются из ГОСТ 23304-78 [3].

Эти указания наиболее полно изложены в [3], который регламентирует требования к крепежу для оборудования АЭС. Пункт 1.17 данного стандарта указывает, что «Сопрягаемые выпуклые и вогнутые шайбы следует притирать по сферическим поверхностям. Площадь прилегания должна быть не менее 80%. Притертые шайбы должны быть замаркированы одинаковым порядковым номером».

Вышесказанное означает, что соединение сферическое является невзаимозаменяемым и главным требованием, которое нужно обеспечить при его изготовлении, является площадь контакта сферических поверхностей. При этом разработчики стандарта, как мы предполагаем из среды конструкторов, даже подозревают насколько неоднозначным и неопределенным оно является в плане контроля, а именно:

- пункт 2.8 [3] указывает, что: «Сферические шайбы должны быть подвергнуты сплошному контролю прилегания сопрягаемых поверхностей»;

- пункт 3.17 [3] указывает, что: «Прилегание сопрягаемых поверхностей сферических шайб (п.1.17) следует проверять "на краску"».

Также в [2] можно заметить некоторое несоответствие двух пунктов касательно требования к приемке шайб сферических, а именно:

- пункт 5.5.5 [2] указывает, что: «Сферические шайбы должны быть подвергнуты сплошному визуальному "по краске" контролю прилегания сопрягаемых поверхностей. Требования к качеству прилегания сопрягаемых поверхностей должны обеспечиваться технологией, принятой на предприятии-изготовителе»;

- пункт 5.5.6 [2] гласит следующее: «Сопрягаемые выпуклые и вогнутые шайбы следует притирать по сферическим поверхностям. Площадь прилегания должна быть не менее 80%.

Притертые шайбы должны быть замаркированы одинаковым порядковым номером».

Как видим, ни один из этих пунктов [2], [3] не говорит о том, по какой методике нужно рассчитывать толщину слоя краски при контроле прилегания сферических поверхностей. Кроме того, [2] в п. 5.5.5 разрешает обработку сферических поверхностей любыми видами обработки, предусмотренными технологией предприятия-изготовителя, а п. 5.5.6 требует вести их обработку только притиркой. Конструктора для упрощения процесса согласования конструкторской документации выбрали вариант указания притирки, как единственного варианта обработки сопрягаемых поверхностей сферических шайб.

На наш взгляд, сферическое соединение в комплекте шайб сферических нужно рассматривать с точки зрения элементарной геометрии, которая показывает, что перед нагружением осевым усилием, возникающим при затягивании гайки, это соединение с круговым серповидным зазором (рис. 1). Чтобы не изменять получаемую при притирке схему контакта поверхностей, предлагаем допуски на радиусы сферических поверхностей шайб назначать в системе отверстия. Это означает, что радиус сферы вогнутой шайбы имеет плюсовой допуск, а шайбы выпуклой – минусовой.

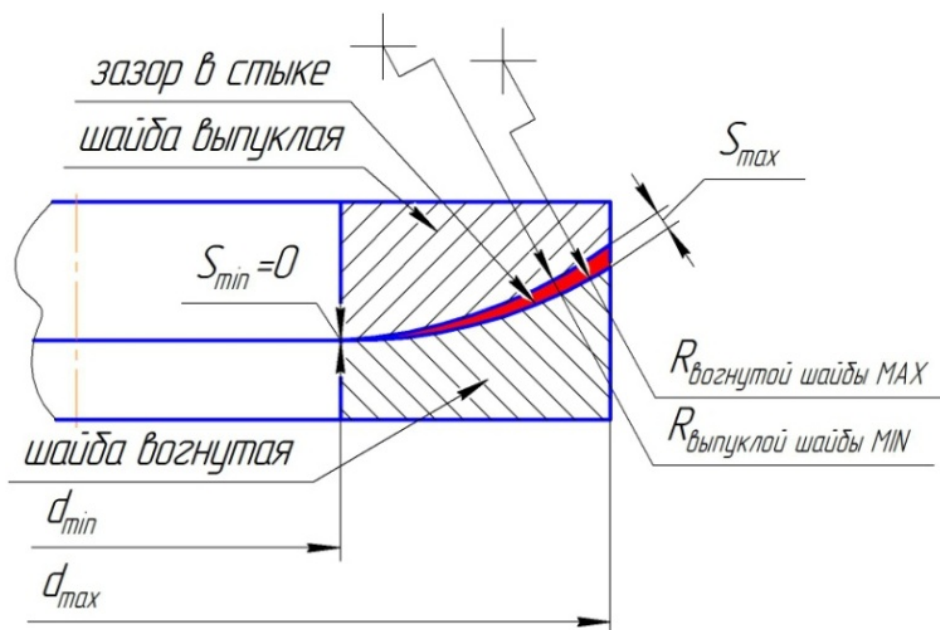


Рис. 1. Иллюстрация контакта сферических поверхностей шайб до момента осевого нагружения

Поэтому конструкторов при проектировании должен волновать вопрос о том, какой величины зазор они могут допустить в соединении, чтобы после приложения необходимого осевого усилия этот стык между сферическими поверхностями закрылся.

На данный момент на ПАО «Сумский завод «Насосэнергомаш» техническим решением узаконен зазор величиной 0,025 мм при обеспечении требования 80% контакта в соединении (при толщине слоя краски 0,02 мм).

Как показала практика изготовления шайб сферических, возможности современного токарного оборудования с ЧПУ позволяют обеспечить требуемую шероховатость сферических поверхностей и их прилегание друг к другу без применения притирки, требуемой пунктами 1.17 [3] и 5.5.6 [2]. Наличие этого требования создает определенные проблемы с

предъявлением готовых комплектов шайб ОТК, особенно для насосов АЭС, т. к. по правилам безопасности в этой отрасли необходимо строгое соблюдение стандартов.

Требование выполнять притирку было обусловлено тем, что на момент создания [3] токарные станки с ЧПУ еще не получили широкого применения, а их возможности были весьма ограниченными. Поэтому разработчики стандарта для конструкторов ввели, посути, технологическое требование притирки сферических поверхностей при изготовлении, хотя и не дали информации о допускаемом зазоре, которая позволяла бы технологам рассчитать толщину слоя краски при контроле площади контакта в соединении.

Поэтому рациональным вариантом решения возникшего противоречия требований и новых технических возможностей оборудования с ЧПУ является внесение в [2, 3] изменений, которые позволяли бы получение необходимого контакта любым видом обработки.

Однако, учитывая обоснованную консервативность процесса внесения изменений в стандарты, распространяющиеся на атомную энергетику, это может занять много времени. Поэтому мы предлагаем на переходной период, до внесения изменений в стандарты, внести в технические требования на шайбы сферический компромиссный пункт, который регламентирует требование необходимого контакта с указанием слоя краски, используемого при его контроле, а также допускает применение притирки при необходимости.

Таким образом, мы не исключаем притирку требуемую [2, 3], но и не делаем ее обязательной, если требуемая шероховатость сферических поверхностей и их контакт достигнуты иным способом.

Из вышесказанного следует, что:

- необходимость использования притирки сферических поверхностей шайб согласно [2, 3] продиктована технологическими возможностями производства в период создания стандарта, именно 70–х годов XX века;

- пункты [2] не соответствуют в части обеспечения прилегания сферических поверхностей шайб: с одной стороны, при помощи технологии, принятой на предприятии-изготовителе и с другой стороны, путем указания конкретного вида их обработки (притирки сопрягаемых сферических поверхностей);

- в рассмотренных стандартах [2, 3] отсутствует указание конструктору рассматривать сферическое соединение шайб сферических, как соединение с зазором, величину которого должен задавать конструктор, что позволит технологам определиться со значением толщины слоя краски, необходимой для проверки площади контакта.

Также предложен вариант решения возникшего противоречия требований стандартов и новых технических возможностей оборудования с ЧПУ.

Поэтому подробный анализ технологического процесса изготовления и рекомендации по обеспечению необходимой площади прилегания поверхностей шайб сферических, считаем целесообразным представить более детально в дальнейших публикациях.

#### Список литературы

1. ПНАЭ Г-7-008-89. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. [Чинний від 1990-01-01]. Изд. офиц. Москва: НТЦ ЯРРБ Госатомнадзора России, 1989. 194 с.
2. ГОСТ Р 54786-2011. Крепежные изделия для разъемных соединений атомных энергетических установок. Технические условия. [Чинний від 2011-12-13]. Изд. офиц. Москва: Стандартинформ, 2012. 35 с.

3. ГОСТ 23304-78 Болты, шпильки, гайки и шайбы для фланцевых соединений атомных энергетических установок. Технические требования. Приемка. Методы испытаний. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. [Чинний від 1980-01-01]. Изд. офиц. Москва: Издательство стандартов, 1978. 31 с.
4. ГОСТ 9065-75 Шайбы для фланцевых соединений с температурой среды от 0 до 650 °С. Типы и основные размеры. [Чинний від 1976-01-01]. Изд. офиц. Москва: Издательство стандартов, 1975. 3 с.

## PROBLEMS OF MANUFACTURING OF SPHERICAL SHIMS FOR SEPARABLE CONNECTORS OF PUMPS EQUIPMENT

Ivan Dehtiarov, Anna Neshta, Nikolai Samardak

**Abstract.** *The tightness of the casing, which is ensured by the sealing of the main connector by tightening the threaded pairs "stud-nut", is one of the main conditions for the safe operation of the pump. In order to ensure the reliability of the operation of threaded pairs, spherical shims are used to minimize bending stresses in the studs.*

*The analysis of the existing standards for fasteners, namely the information concerning spherical shims, has been carried out. Revealed discrepancies in the clauses of the standards, in terms of their manufacturing and rules for the acceptance of spherical shims.*

*The reasons why the design documentation still indicates the need for lapping the mating surfaces of spherical shims are shown.*

*On the basis of the existing manufacturing practice, an approach to development of design documentation for spherical shims is proposed, which makes it possible to legitimize using the turning machining for spherical surfaces of shims, while maintaining the requirements of standards for the minimum required contact area of mating spheres..*

**Keywords:** *pumpengineering; spherical shims; adjoining area; technological process; lapping.*