

**Использовании подшипников скольжения с металлофторопластовыми  
пластинами для воздушного турбокомпрессора цеха Аммиак 1,2**

**Митрофанов Сергей Владимирович**

КООА Азот

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева.  
Институт химических и нефтегазовых технологий

**Цели и задачи работы.**

Целью работы является познакомить участников конференции с основными техническими решениями по использованию подшипников скольжения с металлофторопластовыми пластинами вместо бабитовых на воздушном турбокомпрессоре .

Задачей настоящей работы является определение возможности и целесообразности использования подшипников скольжения с металлофторопластовыми пластинами.

**Краткое описание идеи проекта и сферы его применения.**

Использовании подшипников скольжения с металлофторопластовыми пластинами для воздушного турбокомпрессора вместо бабитовых и экономия топливно-энергетических ресурсов.

**Обоснование актуальности, перспективности идеи.**

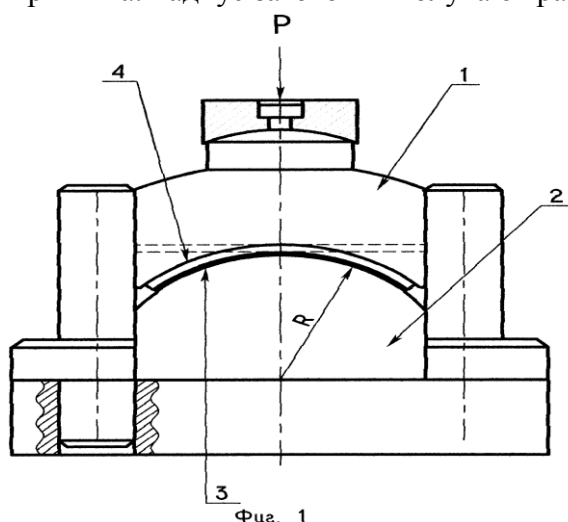
Подшипник данной конструкции более надежный, т.к. исключает масляную вибрацию и снижает динамические нагрузки на элементы (входящие в состав подшипника), а так же на ротор турбокомпрессора и зубчатое зацепление редуктора. Данные преимущества подшипника с металлофторопластовыми пластинами позволяют увеличить срок безаварийной работы компрессорной установки. Выход из строя подшипников приводит к поломке шеек роторов, зубчатых зацеплений и т.д. Вследствие чего останавливается технологический процесс выпускаемой продукции, приходится покупать дополнительные запчасти (помимо подшипников), а так же при остановке компрессорной установки происходит выброс в

**Механизм реализации проекта (возможные варианты).**

Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано при изготовлении вкладышей опорного подшипника скольжения. Способ изготовления вкладыша опорного подшипника скольжения с антифрикционным фторопластовым слоем включает предварительный изгиб заготовки вкладыша и окончательный изгиб на оправке. Окончательный изгиб предварительно выгнутой заготовки осуществляют с использованием стальных шариков, установленных в эластичном сепараторе, при этом производят внедрение стальных шариков в металлическую основу заготовки. При изготовлении вкладыша с наружным фторопластовым слоем заготовку вкладыша при предварительном изгибе получают с радиусом, меньшим заданного радиуса вкладыша. Получение вкладыша заданного радиуса обеспечивают при окончательном изгибе заготовок путем увеличения полученного при предварительном изгибе радиуса заготовки вкладыша. При изготовлении вкладыша с внутренним фторопластовым слоем заготовку вкладыша при предварительном изгибе получают с радиусом, большим заданного радиуса вкладыша. Получение вкладыша заданного радиуса обеспечивают при окончательном изгибе путем уменьшения полученного при предварительном изгибе радиуса заготовки вкладыша. Технический результат: расширение технологических возможностей способа изготовления вкладыша опорного подшипника скольжения. 4 з.п. ф-лы, 4 ил.

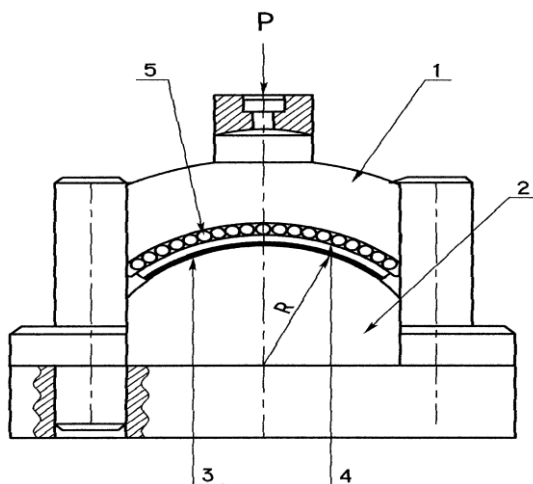
- Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано при изготовлении вкладышей опорного подшипника скольжения.
- Известен способ изготовления вкладыша опорного подшипника скольжения из стальной ленты с металлопластмассовым антифрикционным слоем (Семенов А.П., Савинский Ю.Э., «Металлофторопластовые подшипники», М., Машиностроение, 1976 г., стр.109-110, рис.42), включающий предварительный изгиб заготовки вкладыша и окончательный упругопластический изгиб на оправке упругодеформирующим пуансоном.
- Недостатком данного способа является то, что вкладыши изготавливают только с внутренним расположением антифрикционного фторопластового слоя.
- Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа, является способ изготовления вкладыша опорного подшипника скольжения из стальной ленты с металлопластмассовым антифрикционным слоем (ав. св-во №1739102, F16C 33/04, 24.07.89), включающий предварительный изгиб заготовки вкладыша и окончательный упругопластический изгиб на оправке с регулярным микрорельефом на ее рабочей поверхности при помощи упругодеформирующегося пуансона.
- Недостатком данного способа является то, что он позволяет изготавливать вкладыши только с внутренним расположением антифрикционного фторопластового слоя, а также низкая износостойкость пуансона, изготавливаемого из пластического материала.
- Технический результат данного изобретения заключается в расширении технологических возможностей способа.
- Указанный технический результат достигается тем, что при способе изготовления вкладыша опорного подшипника скольжения с антифрикционным фторопластовым слоем, включающем предварительный изгиб и окончательный изгиб заготовки вкладыша пуансоном на оправке, окончательный изгиб заготовки вкладыша осуществляют с использованием стальных шариков, установленных в эластичном сепараторе, при этом производят внедрение стальных шариков в металлическую основу заготовки, причем при изготовлении вкладыша с наружным антифрикционным фторопластовым слоем заготовку вкладыша при предварительном изгибе получают с радиусом, меньшим заданного радиуса вкладыша, а получение вкладыша заданного радиуса обеспечивают при окончательном изгибе заготовок путем увеличения полученного при предварительном изгибе радиуса заготовки вкладыша;
- при изготовлении вкладыша с внутренним антифрикционным фторопластовым слоем заготовку вкладыша при предварительном изгибе получают с радиусом, большим заданного радиуса вкладыша, а получение вкладыша заданного радиуса обеспечивают при окончательном изгибе путем уменьшения полученного при предварительном изгибе радиуса заготовки вкладыша.
- Данный способ позволяет изготавливать вкладыши опорного подшипника скольжения, как с внутренним, так и с наружным расположением антифрикционного фторопластового слоя.
- Техническое решение поясняется чертежами, где на:
- фиг.1 представлен штамп для предварительного изгиба заготовок с внутренним расположением антифрикционного фторопластового слоя,
- фиг.2 представлен штамп для окончательного изгиба вкладыша с внутренним расположением антифрикционного фторопластового слоя,
- фиг.3 представлен штамп для предварительного изгиба вкладышей с наружным расположением антифрикционного фторопластового слоя,
- фиг.4 представлен штамп для окончательного изгиба вкладышей с наружным расположением антифрикционного фторопластового слоя.

- Реализация предлагаемого способа при изготовлении вкладышей с внутренним расположением антифрикционного фторопластового слоя осуществляется следующим способом:
- Предварительный изгиб заготовок производят в штампе (фиг.1) с использованием пуансона 1 и оправки 2, имеющей радиус  $R$ , например, равный 105 мм и больший, чем радиус готового вкладыша, равный, например, 100 мм. Плоскую заготовку вкладыша с размерами, например, 80 мм × 70 мм устанавливают фторопластовым антифрикционным слоем 3 на оправку 2, металлическим основанием 4 вверх. Пуансон 1 под действием усилия прессования, в нашем примере  $P=75$  т.с., обеспечивает плавно нарастающее давление прижима. Радиус заготовки получают равным  $R=105$  мм.



Фиг. 1

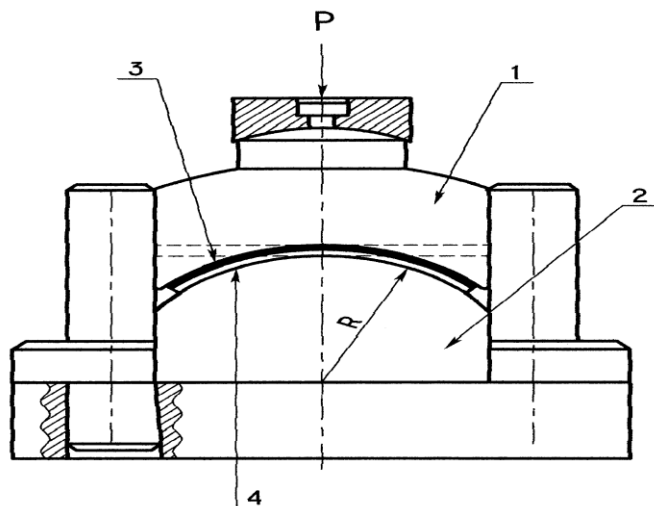
- Окончательный изгиб заготовок производят в штампе (фиг.2) с использованием пуансона 1, оправки 2 и стальных шариков 5, имеющих диаметр, например 3 мм. Формообразующая оправка 2 имеет радиус  $R$  готового вкладыша, равный 100 мм. На заготовку устанавливают эластичный сепаратор со стальными шариками 5. Под действием усилия пресса, в нашем случае  $P=50$  т.с., происходит равномерное внедрение шариков 5 в металлическое основание 4 заготовки по всей ее площади, вызывающее равномерно распределенные растягивающие напряжения основания заготовки. Заготовка принимает требуемую форму с заданным радиусом фторопластового слоя 3, равным 100 мм. Оптимальная глубина внедрения шариков 5 в металлическую основу 4 составляет 0,1 мм при удельном давлении 10 кг/мм<sup>2</sup>. Локальное внедрение шариков 5 в основу 4 не влияет на точность позиционирования и работоспособность вкладышей в узлах подшипников.



Фиг. 2

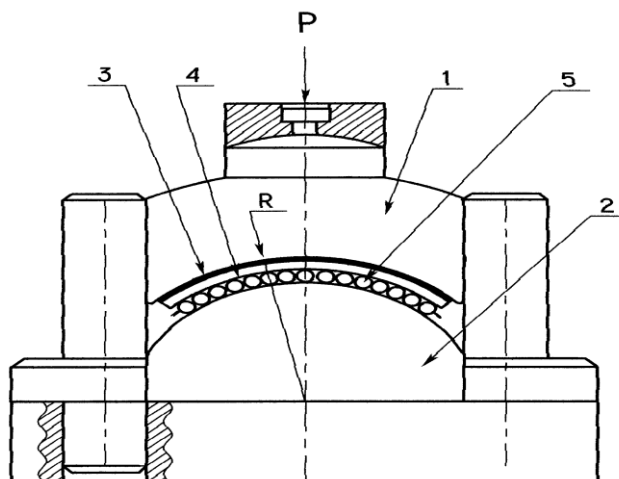
- Подшипники с наружным расположением антифрикционного фторопластового слоя изготавливают следующим способом:

- Предварительный изгиб плоской заготовки, например, с размерами 80 мм × 70 мм, производят в штампе (фиг.3) с использованием пуансона 1 и оправки 2. Заготовку вкладывают на металлическую основу 4 на оправку 2, а фторопластовым слоем 3 вверх, при этом оправка 2 имеет радиус  $R$ , равный, например, 90 мм, меньший заданного радиуса готового вкладыша, равного 100 мм. Пуансон 1 под действием усилия прессования, в нашем примере  $P=75$  т.с., обеспечивает плавно нарастающее давление прижима. Радиус получаемой заготовки равен радиусу оправки 2, а именно 90 мм.



Фиг. 3

- Окончательный изгиб заготовки производят в штампе (фиг.4) с использованием пуансона 1, оправки 2 и стальных шариков 5, например, имеющих шарики диаметром 3 мм. Формообразующий пуансон 1 имеет радиус  $R$  готовой детали, равный 100 мм. На оправку 2 устанавливают эластичный сепаратор со стальными шариками 5 и заготовку вкладыша металлическим основанием 4 вниз, а фторопластовым слоем 3 вверх. Под действием усилия прессы, в нашем случае, например,  $P=50$  т.с., происходит равномерное внедрение шариков 5 в металлическое основание 4 заготовки, радиус заготовки увеличивается и вкладыш принимает требуемую форму с заданным радиусом.



Фиг. 4

- При окончательном изгибе заготовки вкладыша с внутренним и наружным расположением антифрикционного фторопластового слоя ее радиус кривизны можно корректировать за счет изменения усилия  $P$  прессования.
- Изготовление вкладыша опорного подшипника скольжения производят с использованием одного и того же корпуса штампа, который может комплектоваться оправками и пуансонами, имеющими соответствующие радиусы для предварительной и окончательной гибки заготовок.

- Детали, не соответствующие допускам на геометрическую форму, подвергаются повторному циклу обработки, что позволяет исправлять данный вид брака.
- Таким образом, предлагаемое техническое решение позволяет расширить технологические возможности способа изготовления вкладыша опорного подшипника скольжения из заготовок металлофторопластовой ленты.
- 1. Способ изготовления вкладыша опорного подшипника скольжения с антифрикционным фторопластовым слоем, включающий предварительный изгиб и окончательный изгиб заготовки вкладыша пуансоном на оправке, отличающийся тем, что окончательный изгиб заготовки вкладыша осуществляют с использованием стальных шариков, установленных в эластичном сепараторе, при этом производят внедрение стальных шариков в металлическую основу заготовки вкладыша.
- 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что при изготовлении вкладыша с наружным антифрикционным фторопластовым слоем заготовку вкладыша при предварительном изгибе получают с радиусом, меньшим заданного радиуса вкладыша.
- 3. Способ по п.2, отличающийся тем, что получение вкладыша заданного радиуса обеспечивают при окончательном изгибе заготовок путем увеличения полученного при предварительном изгибе радиуса заготовки вкладыша.
- 4. Способ по п.1, отличающийся тем, что при изготовлении вкладыша с внутренним антифрикционным фторопластовым слоем заготовку вкладыша при предварительном изгибе получают с радиусом, большим заданного радиуса вкладыша.
- 5. Способ по п.4, отличающийся тем, что получение вкладыша заданного радиуса обеспечивают при окончательном изгибе путем уменьшения полученного при предварительном изгибе радиуса заготовки вкладыша.

#### **Потенциальный производственный и экономический эффект.**

Помимо всего вышесказанного, подшипники новой конструкции позволяют уменьшить потери мощности. При использовании подшипников старой конструкции (с заливкой баббита) суммарные потери мощности в турбокомпрессоре К250-61-5 (К500-61-5) составляют 43,7 (70) кВт, когда как при использовании подшипников новой конструкции 24 (40) кВт. Уменьшение расхода масла, при использовании подшипников старой конструкции 148 (215) л\мин., при использовании подшипников новой конструкции 28(47) л\мин.

Экономия на электроэнергии для турбокомпрессора К250-61-5 составляет – 20 кВт в час, на масле 120 л\мин. Экономия на электроэнергии для турбокомпрессора К500-61-5 составляет – 30 кВт в час, на масле 170 л\мин.

Экономия на электроэнергии в финансовом выражении можно рассчитать следующим образом, если взять во внимание среднюю работу компрессорной установки в год – 8000 часов, среднюю стоимость киловатта – 1 руб. Получаем следующий расчет Э (экономия для К-250-61-5)=8000 х 20 х 1 = 160 000 руб., Э (экономия для К500-61-5)= 8000 х 30 х 1 = 240 000 руб.

Для расчета полной экономии, в финансовом выражении, при использовании вкладышей с металлофторопластовыми пластинами необходимо взять во внимание следующие факторы:

- Срок службы штатных подшипников 2 года, срок службы новых подшипников 5 лет (эксплуатация в 2,5 раза дольше). Вместо одного комплекта подшипников новой конструкции, закупается два старой.
- Затраты на расход масла
- Исключение аварий подшипников и связанных с этим повреждений роторов.
- Затраты понесенные вследствие аварийных остановок производства, вследствие чего останавливается технологический процесс выпускаемой продукции.

## **Выводы.**

Вопрос экономного расходования энергии и ресурсов стоит на повестке дня как в нашей стране, так и за рубежом, поэтому работы по выбору и проектированию экономически выгодных решений находят все большее распространение.

## **Список литературы:**

1. Семенов А. П., Савинский Ю. Э. Металлофторопластовые подшипники. М.: Машиностроение. 1976. 196 с.
2. Лагунов В. С. и др. Изготовление изделий из металлофторопластовых композиционных материалов // Машиностроение. – 1996. - № 4. –С. 16-18.
3. <http://ftoroplast.oml.ru>
4. <http://promglex.ruln.ru>
5. <http://www.pskomplekt.narod.ru>
6. <http://www.triolent.ru>
7. Рогов В. Е., Цыренова Г. Д., Черский И. Н. Трибосинтез фторида свинца при трении фторопластовых свинецсодержащих композиций и его влияние на их износостойкость // Ж. Трение и износ, Т. 30, № 4, 2009. С. 390-395.
8. Бакли Д. Поверхностные явления при адгезии и фрикционном взаимодействии. М.: Машиностроение. 1986. 359 с 11. Семенов А. П. Подшипники скольжения. – М.: 1969. – 72с.
9. Машков Ю. К., Овчар З. Н., Байбарацкая М. Ю., Мамаев О. А. Полимерные композиционные материалы в триботехнике. - М.: ООО «Недра- Бизнесцентр» 2004. - 262 с.
10. Патент РФ №2286231 Калиниченко В.Г., Коваленко Д.В., Чугунов В.Ф., Щеглов Е.Л. Многослойная металлофторопластовая лента и способ ее изготовления.
11. Патент РФ №2186658 Комаров С.С., Беляев Б.А., Хатмуллин В.Р., Набиуллин В.Х., Байбулатов В.П. Способ изготовления фторопластовой ленты.
12. Патент РФ № 2033922 Адаменко Н.А., Трыков Ю.П., Фетисов А.В., Гуревич Л.М., Казуров А. В. Способ получения металлофторопластовых покрытий из порошкообразного материала на цилиндрической поверхности изделий.