

2. Смачивание и растекание жидкостей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lektsia.com/5x38bb.html>. – Дата доступа: 29.07.2018.

3. Процессы адгезии и когезии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mirznanii.com/a/325407/protsessy-adgezii-i-kogezii>. – Дата доступа: 29.07.2018.

4. Азаров, С. М. Расчет критерия эффективности многослойных пористых материалов на основе построения полиномиальных моделей / С. М. Азаров [и др.] // Порошковая металлургия: Инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка: сб. докл. 10-го междунар. симп., Минск, 5–7 апр. 2017 г.: в 2-х ч. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: А.Ф. Ильющенко [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2017. – Ч. 1. – С. 313–319.

5. Азаров, С. М. Композиционные материалы на основе силикатов и алюмосиликатов / С. М. Азаров [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2014. – 175 с.

УДК 621.9.06

## **Шпиндельные опоры качения металлорежущих станков**

**Фесько В. В., студент**

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: к. т. н., доцент Данильчик С. С.*

Аннотация.

Рассматриваются требования к шпиндельным узлам и шпиндельным опорам. Приведен анализ используемых в шпиндельных опорах подшипников качения.

Шпиндельные узлы являются наиболее ответственными механизмами станков. От совершенства конструкции, от качества изготовления и сборки шпиндельного узла во многом зависит точность обработки.

К основным критериям работоспособности шпиндельных узлов можно отнести следующее [1]:

1. Геометрическая точность. Точность вращения шпинделя оценивается величиной радиального (торцевого) биения его базовых поверхностей. Величина биения зависит от класса точности станка. Например, для токарных станков нормальной точности допуск биения лежит в диапазоне 5–8 мкм.

2. Жесткость. Определяется упругими перемещениями переднего конца шпинделя под действием сил резания. Максимальное значение жесткости узла в большинстве случаев определяется податливостью его опор.

3. Быстроходность. Оценивается произведением диаметра шпинделя в передней опоре на частоту вращения. Для шпиндельных узлов на подшипниках качения показатель быстроходности обычно составляет  $(2,5-3) \cdot 10^5$  мм·мин<sup>-1</sup>.

4. Долговечность. Рассчитывается ресурсом работы в часах без потери первоначальной геометрической точности.

5. Динамические характеристики. Измеряются амплитудами вибраций на потенциально-неустойчивых формах колебаний.

Обеспечить указанные критерии работоспособности позволяют шпиндельные опоры. Несмотря на разнообразие шпиндельных опор, использующих различные принципы работы (гидростатические, гидродинамические, аэростатические и т. д.), наиболее широко применяются опоры качения. Для них характерны высокая жесткость, небольшие потери на трение и простые системы смазывания, а также надежная работа в широких диапазонах частоты вращения и нагрузок [2]. Кроме того, они имеют невысокую стоимость.

Подшипники качения, устанавливаемые в шпиндельных узлах, должны иметь жесткие допуски на размеры, большое количество тел качения и прочные сепараторы для них, небольшие габариты и обеспечивать создание натяга. Одновременное уменьшение диаметра тел качения и увеличение их числа увеличивает жесткость и быстроходность, снижает температуру подшипников при одновременном уменьшении радиальных габаритов [3].

В шпиндельных опорах используются шариковые и роликовые подшипники. Радиальные шариковые подшипники менее жесткие по сравнению с роликовыми. Поэтому в шпиндельных опорах такие подшипники могут устанавливаться парно (дуплексы). Но шариковые подшипники обладают максимальной быстроходностью и ис-

пользуются в высокоскоростных шпиндельных узлах. Схожи по характеристикам радиально-упорные шариковые подшипники. Наряду с радиальной они воспринимают осевую нагрузку. Эти подшипники в шпиндельной опоре также могут устанавливаться комплектами по два (дуплекс) или три (триплекс) подшипника. Шпиндели легких шлифовальных и отделочно-расточных станков, установленные на опоры с радиально-упорными подшипниками, могут иметь быстроходность до  $11 \cdot 10^5$  мм·мин<sup>-1</sup> [1]. Шариковые упорные подшипники воспринимают только осевые нагрузки. При необходимости они устанавливаются в паре с другим подшипником, воспринимающим радиальную нагрузку.

Роликовые подшипники более жесткие, поэтому используются в шпинделях станков, работающих с большими нагрузками. Применяются однорядные и двухрядные подшипники с цилиндрическими и коническими роликами. Двухрядные подшипники, обладая одинаковой с однорядными подшипниками быстроходностью, имеют более высокую грузоподъемность. Двухрядные цилиндрические и конические роликоподшипники широко применяются в шпинделях токарных, расточных и фрезерных станков.

Подшипники, устанавливаемые в переднюю и заднюю опору шпинделей отличаются по точности и жесткости. В передней опоре, устанавливается обычно подшипник более высокого класса точности. Например, для станков повышенной точности в передней опоре устанавливаются радиальные подшипники класса точности 4, в задней – класса точности 5, для станков высокой точности – соответственно, классов точности 2 и 4 [4]. Передняя опора воспринимает не только радиальную, но и осевую нагрузку. Поэтому в ней устанавливаются радиально-упорные подшипники или сочетание радиальных и упорных подшипников.

Схемы установки подшипников весьма разнообразны и зависят от типа станка, его грузоподъемности и класса точности. Например, шпиндели средних токарных и фрезерных станков могут устанавливаться на двухрядный роликовый конический подшипник в передней опоре и однорядный роликовый конический подшипник в задней опоре. В шпинделях легких шлифовальных станков передняя и задняя опоры могут состоять из сдвоенных шариковых радиально-упорных подшипников.

Совершенствование опор качения шпинделей идет по пути увеличения точности, быстроходности, виброустойчивости и износостойкости подшипников.

### Список использованных источников

1. Шестернинов, А. В. Конструирование шпиндельных узлов металлорежущих станков: учебное пособие / А. В. Шестернинов. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 96 с.
2. Анохин, В. М. Порядок подбора и расчета подшипников качения / В. М. Анохин, В. В. Бирич, А. М. Статкевич. – Минск: БНТУ, 2010. – 71 с.
3. Опоры шпинделей станков. – Режим доступа: <https://chiefengineer.ru/stanki/uzly-i-mehanizmu/opory-shpindeley-stankov>. – Дата доступа: 29.03.2023.
4. Пуш, В. Э. Конструирование металлорежущих станков / В. Э. Пуш. – М.: Машиностроение, 1977. – 390 с.

УДК 672.793.74

### Повышение ресурса работы деталей из аустенитных сталей

**Хилюк И. М., студент**

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: д. т. н., профессор Иващенко С. А.*

Аннотация.

В статье описаны методы и различные способы повышения ресурса работы деталей из аустенитных сталей.

В современных условиях интенсификации производства значительно возрастают требования к надежности и долговечности машин и оборудования. В ряде случаев для обеспечения этих требований необходимо существенно улучшить качество узлов или отдельных лимитирующих деталей. В связи с тем, что детали, являющиеся лимитирующими, обычно работают в особых условиях эксплуатации, они должны обладать специальными, часто трудно совместимыми