

## Лекция 13

### Тема: Валы и оси.

#### Содержание:

1. Общие сведения.
2. Материал и термообработка осей и валов
3. Расчетные схемы валов и осей, критерии расчета.
4. Контрольные вопросы.

**Вал** – деталь, предназначенная для передачи крутящего момента вдоль своей оси и для поддержания вращающихся деталей машин. Простейшие валы имеют форму тел вращения. Кроме крутящего момента  $T$  валы воспринимают поперечные силы и изгибающий момент.

Валы можно разделить на:

1. Валы передач – несут зубчатое колесо, шкивы, звездочки, муфты.
2. Коренные валы (и др. спец. валы) – несут, кроме деталей передач, рабочие органы машины (колеса, диски турбин, кривошипные, патроны).

По форме валы можно разделить на:

1. Прямые и коленчатые – предназначены для преобразования возвратно-поступательного движения во вращательное.
2. Гибкие – составляют особую группу.

**Ось** – деталь, предназначенная для поддержания вращающихся деталей и не передающая  $T$ . Воспринимает  $M_{изг.}$ .

Оси бывают:

1. Вращающиеся – обеспечивают лучшую работу подшипников.
2. Неподвижные – более дешевые, но требующие встройки во вращающуюся деталь.

Например, ось барабана можно выполнить:

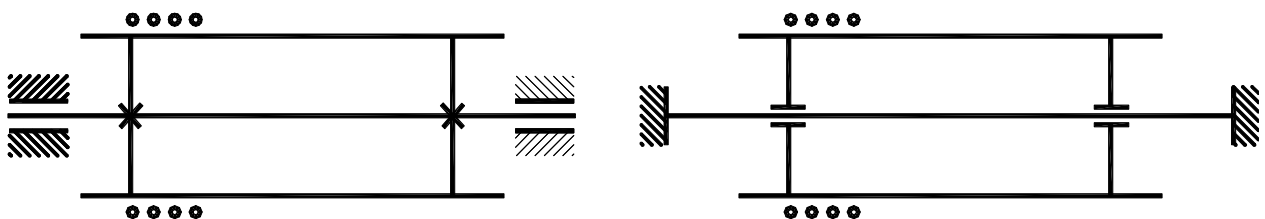


Рис. 13.1 Схемы барабана с вращающейся и неподвижной осью

Общее назначение у осей и валов – поддерживать вращающиеся детали.

Опорные части осей и валов называют *цапфами*. Цапфы: *шейки* – промежуточные опоры посреди вала; *шипы* – концевые опоры.

Валы могут иметь нарезные зубья – вал-шестерня, и червяки – червячный вал.

Форма и размеры сечений вала (оси) по длине, определяется распределением нагрузок по длине, т.е. эпюрами изгибающих и крутящих моментов. Так как к концам валов  $M_{изг}$  приближается к 0, то их выполняют ступенчатыми, близкими к форме тела равного сопротивления. Уступы валов служат для восприятия осевых сил.

Желательно, чтобы каждая насаживаемая на вал деталь проходила по валу до своей посадочной поверхности без натяга во избежание ослабления посадок.

Полые валы применяют при жестких требованиях к весу, при необходимости пропуска через вал других деталей.

Узкие буртики нежелательны так как это приводит к увеличению диаметра заготовки и к переводу в стружку большого количества металла.

Размеры под посадки выбирают из стандартного ряда; под подшипники – из стандарта подшипников.

Перепад диаметров ступеней определяют достаточной опорной поверхностью для восприятия осевых сил. Шпоночные пазы желательно размещать в одной плоскости (и по возможности одного типоразмера).

#### ***Цапфы валов с опорами скольжения:***

1. Цилиндрические – с уменьшением  $D$  к концу вала;
2. Конические – для регулирования зазора в подшипнике и для осевой фиксации;
3. Сферические – при необходимости значительных угловых перемещений вала.

#### ***Посадочные поверхности:***

1. Цилиндрические – более простые в изготовлении;
2. Конические – для облегчения постановки на вал и снятия тяжелых деталей (сменных деталей), для повышения точности центрирования.

***Выносливость валов*** определяется малыми объемами металла в зонах концентрации напряжений (шпоночные пазы, прессовые посадки).

#### ***Мероприятия повышения выносливости:***

1. Конструктивные (рис. 13.2)

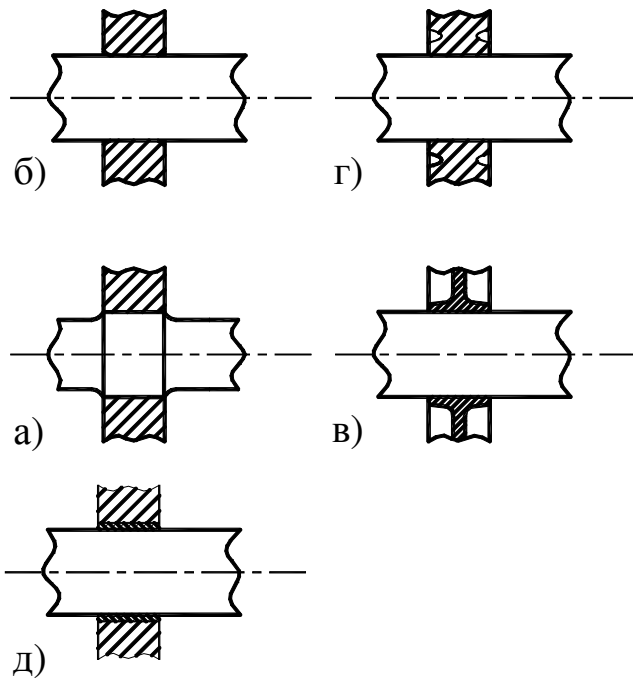


Рис. 13.2 Конструктивные средства повышения выносливости валов в местах посадок

- а) утолщение подступичной части;
  - б) закругление кромок ступицы;
  - в) утончение ступицы;
  - г) разгрузочные канавки;
  - д) втулки из материала с низким модулем упругости.
2. Другие:
- а) упрочнение подступичной части наклепом;
  - б) применение эвольвентных соединений вместо прямоугольных и треугольных;
  - в) применение бесшпоночных соединений.

**Переходные участки валов** между двумя ступенями разных диаметров выполняют следующих типов:

- 1) С канавкой для выхода шлифовального круга. Повышают стойкость кругов, но вызывают значительную концентрацию напряжений. Выполняют на валах, диаметры которых определяется из условия жесткости (валы КПП), а также они нужны для выхода резбонарезного инструмента.

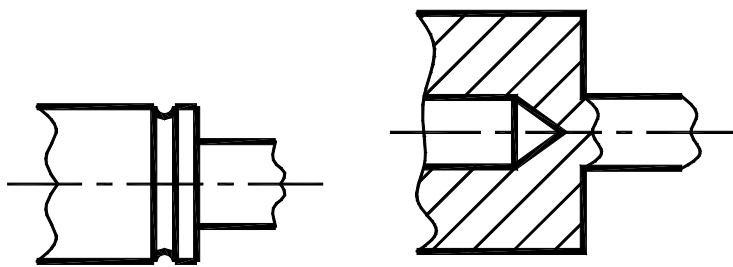


Рис. 13.3 Переходные участки валов

- 2) С галтелью. Радиусы галтели должны быть меньше фаски насаженной детали ( $\rho \geq 0,1d$  – желательно).

- 3) С галтелью специальной формы. Применяют галтели эллиптической формы или очерченные двумя радиусами кривизны. Повышают несущую способность на 10%.

- 4) Удаление мало напряженного материала: выполнение разгрузочных канавок рис. 13.3а и высверливание отверстий в ступенях большего диаметра (рис. 13.3б).

5) Пластическое упрочнение галтелей (обкаткой роликами, чеканкой) – повышает несущую способность в 1,5 – 2 раза.

## 2. Материал и термообработка валов и осей.

Работоспособность вала и его цапф зависит от выбора материала. Основными материалами являются углеродистые и легированные стали, которые хорошо прокатываются в цилиндрические прутки.

1. По критерию жесткости и без термообработки – ст.5, ст.6.
2. Для большинства валов – стали 45, 45Х.
3. Для высоконапряженных валов – стали 40ХН, 30ХГТ, 30ХГСА и др. Эти валы подвергаются улучшению или поверхностной закалке т.в.ч. с низким отпуском (шлицевые валы).
4. Быстроходные валы – из цементируемых сталей 20Х, 18ХГТ и др. или из азотированных сталей. Для повышения износостойкости – хромирование (пористое) в 3 – 5 раз повышает долговечность цапф (ДВС).
5. Трубчатые валы – дают экономию металла (20 – 40)%
6. Коленвалы – из высокопрочных чугунов (с шаровидным графитом) и с модификаций чугуна. Менее чувствительны к концентрации напряжений, более совершенная форма (отливка), большая демпфирующая способность и т.д.

## 3. Расчетные схемы валов и осей, критерии расчета.

**Валы в большинстве случаев рассчитывают на изгиб, как балки на шарнирных опорах.**

На рис. 13.4 показаны точные и упрощенные схемы опор при работе валов на подшипниках качения и скольжения.

### *Критерии работоспособности валов и осей.*

1. Прочность. – Из критериев прочности решающее значение имеет выносливость. Усталостные разрушения составляют до 40÷50%
2. Жесткость – для правильной работы зубчатых передач и подшипников.

3. Виброустойчивость – отсутствие опасных резонансных колебаний (поперечных и крутильных).

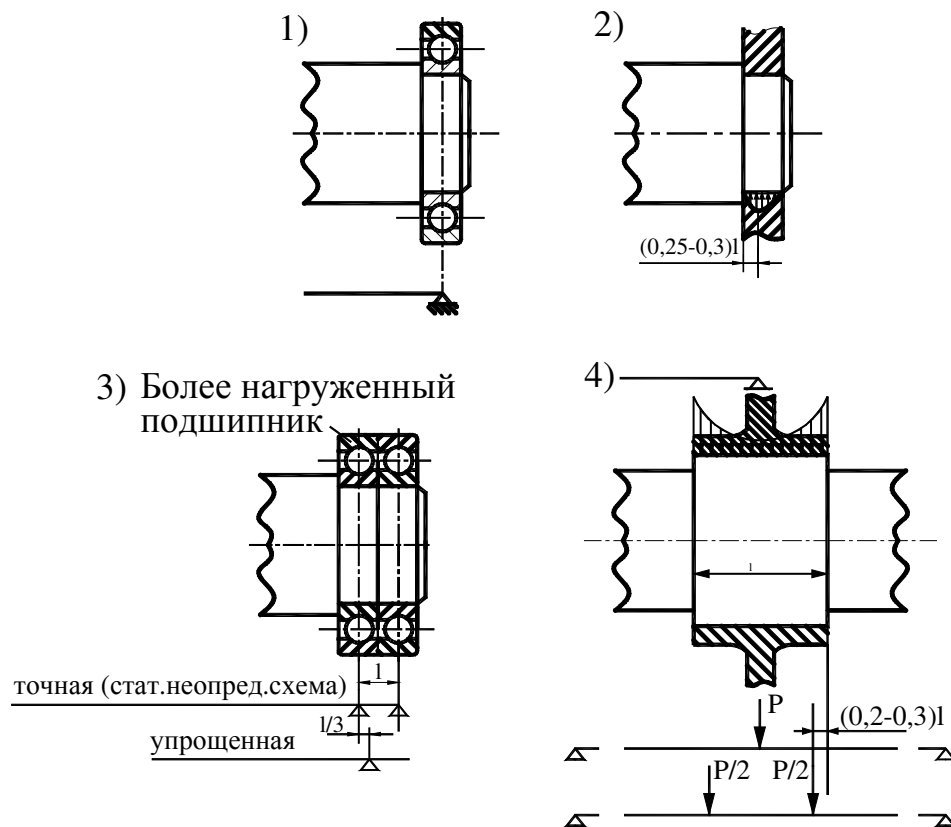


Рис. 13.4 Расчетные схемы валов

#### 4. Контрольные вопросы.

1. В чем разница между валом и осью ?
2. Какие бывают оси ?
3. Какие бывают цапфы валов с опорами скольжения ?
4. Как повысить выносливость валов в местах посадок ?
5. Какие материалы применяют для валов и осей ?
6. Зачем применяют трубчатые валы ?
7. Как выполняются переходные участки валов ?
8. Критерии работоспособности валов и осей.