## Содержание

1. Гладкие сопряжения и калибры

1.1 Расчет допусков и посадок гладких цилиндрических сопряжений

1.2 Калибры для контороля гладких цилиндрических соединений

2. Расчет и выбор посадок подшипника качения

3. Шероховатость, отклонение формы и расположения поверхностей

4. Допуски и посадки шпоночных и шлицевых соединений

4.1 Шпоночное соединение

4.2 Прямобочное шлицевое соединение

4.3 Эвольвентное шлицевое соединение

Литература

1. Гладкие сопряжения и калибры

1.Задана посадка ∅56H6/k5.

Посадка с переходная.

Предельные отклонения отверстия ∅56H6: верхнее ES=+19мкм; нижнее EI=0.

Предельные отклонения вала ∅56k5: верхнее es=14 мкм; нижнее ei=+1 мкм.

Предельные размеры отверстия и вала:

Dmax = D + ES = 56 + 0,019 = 56,019 мм;

Dmin = D + EI = 56 + 0 = 56 мм;

dmax = d + es = 56 +0.014 = 56,014 мм;

dmin = d + ei = 56 + 0.001 = 56,001 мм;

Допуски размеров отверстия и вала:

TD = IT6 = 19 мкм;

Td = IT5 = 13 мкм;

Параметры посадки (переходная).

Smax = ES - ei = 19- 1 = 18 мкм;

Smin = EI - es = 0 - 14 = -14 мкм;

TS = Smax - Smin = 18 + 14 = 32 мкм.

Проверка: TS = Td+TD 32= 19 + 13

2.Задана посадка ∅70S6/h7.

Посадка с зазором.

Предельные отклонения отверстия ∅70S6: верхнее ES=-59мкм; нижнее EI=-78.

Предельные отклонения вала ∅70h7: верхнее es=0 мкм; нижнее ei=-30 мкм.

Предельные размеры отверстия и вала:

Dmax = D + ES = 70 + (-0.059) = 69.941 мм;

Dmin = D + EI = 70 + (-78) = 69.922 мм;

dmax = d + es = 70 + 0 = 70 мм;

dmin = d + ei = 70 + (0.030) = 69.970 мм;

Допуски размеров отверстия и вала:

TD = IT6 = 19 мкм;

Td = IT7 = 30 мкм;

Параметры посадки (с зазором).

Nmax = dmax - Dmin = = -0,078 мм;

Nmin = dmin - Dmax = = -0,029 мм;

TN = Nmax - Nmin = -0,0678 + 0,029 = -0,049 мм.

Проверка: TN = Td+TD 0,049 = 0,019 + 0,030

3.Задана посадка ∅105F7/h7.

Посадка c зазором.

Предельные отклонения отверстия ∅53H7: верхнее ES=+30мкм; нижнее EI=0.

Предельные отклонения вала ∅53k5: верхнее es=+15 мкм; нижнее ei=+2 мкм.

Предельные размеры отверстия и вала:

Dmax = D + ES = 53 + 0,030 = 53,030 мм;

Dmin = D + EI = 53 + 0 = 53 мм;

dmax = d + es = 53 + 0,015 = 53,015 мм;

dmin = d + ei = 53 + 0,002 = 53,002 мм;

Допуски размеров отверстия и вала:

TD = IT7 = 30 мкм;

Td = IT5 = 13 мкм;

Параметры посадки (переходная).

Smax = Dmax - dmin = 53,030 - 53,002 = 0,028 мм;

Nmax = dmax - Dmin = 53,015 - 53 = 0,015 мм;

Smin = -Nmax = -0,015 мм;

Nmin = -Smax = -0,028 мм;

TS(N) = Smax + Nmax = 0,028 - 0,015 = 0,043 мм.

Проверка: TS(N) = Td+TD 0,043 = 0,013 + 0,030

4.Задана посадка ∅21H8/h7.

Посадка с зазором.

Предельные отклонения отверстия ∅21H8: верхнее ES=+33мкм; нижнее EI=0.

Предельные отклонения вала ∅21h7: верхнее es=0 мкм; нижнее ei=-21 мкм.

Предельные размеры отверстия и вала:

Dmax = D + ES = 21 + 0,033 = 21,033 мм;

Dmin = D + EI = 21 + 0 = 21 мм;

dmax = d + es = 21 + 0 = 21 мм;

dmin = d + ei = 21 + (-0,021) = 20,979 мм;

Допуски размеров отверстия и вала:

TD = IT8 = 33 мкм;

Td = IT7 = 21 мкм;

Параметры посадки (c зазором).

Smax = Dmax - dmin = 21,033 - 20,979 = 0,054 мм;

Smin = Dmin - dmax = 21 - 21 = 0;

TS = Smax - Smin = 0,054 - 0 = 0,054 мм.

Проверка: TS = Td+TD 0,054 = 0,021 + 0,033

Полученные данные для всех посадок заносим в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 Типы и параметры посадок

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Обозначение Посадки | Предельные размеры | | | | Предельные размеры | | | | Тип посадки | Допуск посадки |
| Отверстия | | Вала | | зазор | | натяг | |
| Dmax | Dmin | dmax | dmin | Smax | Smin | Nmax | Nmin |
| ∅19H9/c8 | 19,052 | 19 | 18,890 | 18,857 | 0,195 | 0,110 | - | - | зазор | 0,085 |
| ∅34H7/s7 | 34,025 | 34 | 34,068 | 34,043 | - | - | 0,068 | 0,018 | натяг | 0,050 |
| ∅53H7/k5 | 53,030 | 53 | 53,015 | 53,002 | 0,028 | -0,015 | 0,015 | -0,028 | переходная | 0,043 |
| ∅21H8/h7 | 21,033 | 21 | 21 | 20,979 | 0,054 | 0 | - | - | зазор | 0,054 |



Рисунок 1.1 - Схема посадки №1 с зазором



Рисунок 1.2 - Схема посадки №2 с натягом



Рисунок 1.4 – Схема посадки №4 с зазором



а)



б)

Рисунок 1.5 – Эскизы сопрягаемых деталей: а) отверстия; б) валы;

1.2 Калибры для контроля гладких цилиндрических соединений

Разработаем предельные калибры для контроля сопряжения ∅34H7/s7. Устанавливаем допуски на изготовление предельных калибров по таблице 3 и 4.

Исходные данные:

Для отверстия ∅34H7: Н=4 мкм; Z=3,5 мкм; α=0.

Для вала: ∅34s7: H1 =4 мкм, Z1=3,5 мкм, Hp=1,5 мкм, α1=0, Y1=3 мкм.

Исполнительный размер проходной стороны калибра-пробки:

Прmax= Dmin+Z+=34+0,0035+0,004/2=34,0055 мм;



размер на чертеже ∅34,0055-0,004 мм.

Исполнительный размер непроходной стороны калибра-пробки:

Неmax= Dmax- α +=34,025-0+0,004/2=34,027 мм;



размер на чертеже ∅34,027-0,004 мм.

Исполнительный размер проходной стороны калибра-скобы:

Прmin= dmax-Z1 - =34,068-0,0035-0,004/2=34,0625 мм;



размер на чертеже ∅34,0625+0,004 мм.

Исполнительный размер непроходной стороны калибра-скобы:

Неmin= dmin+ α1 - =34,043+0-0,004/2=34,041 мм;



размер на чертеже ∅34,041+0,004 мм.

Исполнительный размер контрольного калибра:

К-Иmax= dmax+ Y1 - α1+=34,068+0,003-0+0,0015/2=34,07025 мм;



размер на чертеже ∅34,0702-0,0015 мм.

Исполнительный размер проходного контрольного калибра:

К-Прmax= dmax-Z1 +=34,068-0,0035+0,0015/2=34,06525 мм;



размер на чертеже ∅34,0652-0,0015 мм.

Исполнительный размер непроходного контрольного калибра:

К-Неmax= dmin+ α1 +=34,043+0+0,0015/2+0=34,04375 мм;



размер на чертеже ∅34,0437-0,0015 мм.

Шероховатость рабочих поверхностей калибров:

Ra ≤ 0,012Tразм(H1,H), H1=H=4 мкм;

Ra = 0,012۰4 = 0,048 мкм;

Принимаем Ra из стандартного ряда

Для обоих калибров: Ra=0,05 мкм.



Рисунок 1.6 Схемы полей допусков предельных калибров



2. Расчет и выбор посадок подшипников качения

Исходные данные:

подшипник 409;

класс точности 0;

радиальная сила F=4000 H;

вращающимся является внутреннее кольцо.

1. Параметры подшипника 409: d=45 мм; D=120 мм; B=29 мм; r=3,0 мм.

В рассматриваемом узле вращающимся кольцом является внутреннее кольцо подшипника, поэтому его посадку на вал производим с натягом, а наружное кольцо устанавливаем в корпус с зазором.

2. Определение минимального потребного натяга для внутреннего кольца подшипника:

мкм,



где коэффициент k=2 для тяжёлой серии подшипника.

3. Определение максимального допустимого натяга внутреннего кольца подшипника:

мкм.



4. По значению Nmin подбираем из числа рекомендуемых посадку для внутреннего кольца подшипника: ∅ 45 L0/m6.

По таблице 9 определяем предельные отклонения размеров:

для отверстия: ES=0; EI=–12 мкм;

для вала: es=+25 мкм; ei=+9 мкм;

5. Определение минимального и максимального натяга в соединении:



Tак как >(9 мкм > 4,522 мкм), а >(37 мкм < 205,2 мкм), можно заключить, что посадка внутреннего кольца подшипника выполнена правильно.



6. Выбираем посадку для наружного кольца подшипника из рекомендованных: ∅ 120H7/l0. Предельные отклонения:

для отверстия:

ES=+35 мкм;

EI=0;

TD=35 мкм;

для вала:

es=0;

ei=–15 мкм.

Td=15 мкм;

Для выбранной посадки максимальный зазор:

Smax=ES–ei=35–(–15)=50 мкм.

Для выбранной посадки минимальный зазор:

Smin=EI–es=0–0=0 мкм.

7. Строим схему полей допусков выбранных посадок для колец подшипника качения:



8. Эскиз сборочного узла



Рисунок 2.2 Сборочный узел

3. Шероховатость, отклонения формы и расположения поверхностей

Исходные данные:

1. ∅ 45k6; Td=16 мкм;
2. ∅ 50n7; Td=25 мкм;
3. ∅ 45k6; Td=16 мкм;
4. ∅ 25r7; Td=21 мкм;
5. ∅ 53-0,3 ; Td=300 мкм;
6. ∅ 55-0,3 ; Td=300 мкм;
7. 18h6; Td=11 мкм;
8. 9h15; Td=580 мкм;
9. ∅ 14N9; Td=43 мкм;

3.1 Шероховатости отмеченных поверхностей находим сообразно назначению этих поверхностей и допуску их размера

3.1.1 Определим шероховатость для посадочных мест подшипников качения



Поверхность ∅ 45k6: Td=16 мкм;



принимаем Ra=0,63 мкм из стандартного ряда.

Поверхность ∅ 45k6: Td=16 мкм

Аналогично предыдущей поверхности Ra=0,63 мкм.

3.1.2 Шероховатость для ответственных поверхностей, образующих с сопрягаемыми поверхностями других деталей определённые посадки

В общем случае выделенные поверхности можно считать поверхностями нормальной геометрической точности, для которых параметр шероховатости T∅.



Поверхность ∅ 50n7: Td=25 мкм;



принимаем Ra=1,25 мкм из стандартного ряда.

Поверхность ∅ 25r7: Td=21 мкм;



принимаем Ra=1,00 мкм из стандартного ряда.

Поверхность ∅ 18h6: Td=11 мкм;



принимаем Ra=0,32 мкм из стандартного ряда.

3.1.3 Определение шероховатости поверхностей, к которым не предъявляются высокие требования

Поверхность ∅ 53-0,3: Td=300 мкм;



принимаем Ra=12,5 мкм из стандартного ряда.

Поверхность ∅ 55-0,3: Td=300 мкм;



принимаем Ra=12,5 мкм из стандартного ряда.

Поверхность ∅ 9h15: Td=580 мкм;



принимаем Ra=25 мкм из стандартного ряда.

Шероховатость поверхностей шпоночного паза принимается в пределах Ra=3,6…12,5 мкм, причём большие значения соответствуют дну паза.

3.2 Допуски на отклонение формы и расположения поверхностей также определим приближённым методом

3.2.1 Расчёт допусков на отклонение от круглости и цилиндричности поверхностей

Поверхность ∅ 45k6: Td=16 мкм;

T мкм, принимаем T =4 мкм из стандартного ряда.



T мкм, принимаем T =4 мкм.



Поверхность ∅ 50n7: Td=25 мкм;

T мкм, принимаем T =6 мкм.



Поверхность ∅ 25r7: Td=21 мкм;

T мкм, принимаем T =6 мкм.



3.2.2 Допуск на радиальное биение поверхности относительно поверхности АБ

Поверхность ∅ 50n7:

T мм, принимаем T =0,02 мм;



Поверхность ∅ 25r7:

T мм, принимаем T =0,02 мм;



3.2.3 Допуск на отклонение от перпендикулярности торца поверхности ∅50-0,3 для фиксации подшипника зависит от допуска размера на ширину подшипника

T мкм, принимаем T =6 мкм.



Допуск на отклонение от перпендикулярности поверхности ∅9h15:

T мкм, принимаем T =120 мкм.



3.2.4 Допуск на отклонение от симметричности расположения шпоночного паза

T мкм, принимаем T =120 мкм,



3.2.5 Допуск на отклонение от параллельности шпоночного паза

T// мкм, принимаем T// =120 мкм.



где TB - при определении допуска перпендикулярности является допуском на ширину подшипника; при определении допуска отклонения от симметричности боковых сторон шпоночного паза является допуском на ширину паза вала.

Чертим эскиз вала



4. Допуски и посадки шпоночных и шлицевых соединений.

4.1 Шпоночные соединения.

Исходные данные: d=35 мм, тип соединения 3 (плотное соединение).

По ГОСТ 23360-78 выбираем основные размеры соединения:

b=10 мм, h=8 мм;

Глубина паза вала и втулки соответственно: t1=5 мм, t2=3,3 мм;

Вид исполнения 1;

Длина шпонки l=50 мм;

Условное обозначение шпонки: Шпонка 1-10 ĥ 8 ĥ 50 ГОСТ 23360-78.

Условия применения – плотное характеризуемое вероятностью получения примерно одинаковых небольших натягов в соединении шпонок с обоими пазами; сборка осуществляется напрессовкой, применяется при редких разборках и реверсивных нагрузках.

Для заданного типа соединения назначаем поля допусков для деталей шпоночного соединения:

поле допуска вала s6,

поле допуска отверстия H7,

поле допуска ширины шпонки b - h9,

поле допуска высоты шпонки h - h11,

поле допуска длины шпонки l - h14,

поле допуска ширины паза на валу и во втулке - P9,

Определяем предельные отклонения пользуясь стандартом на гладкие соединения:

диаметр вала 35



диаметр втулки 35



ширина шпонки 10



высота шпонки 8



длина шпонки 50



ширина паза на валу 10



ширина паза во втулке 10



глубина паза вала



• глубина паза втулки



Строим схемы расположения полей допусков (рисунок 4.1).



4.2 Прямобочное шлицевое соединение

Исходные данные: b-6 ĥ 28H11/≥26,7 ĥ 32H12/a11 ĥ7F8/js7 ГОСТ 1139-80

Прямобочное шлицевое соединение: центрирование по боковым поверхностям зубьев b;

поле допуска центрирующего диаметра D=32 мм

H12 - втулки,

a11 - вала;

число прямобочных шлицов 6;

внутренний диаметр соединения d=28 мм;

ширина шлица b=7 мм,

поле допуска ширины шлица втулки F8,

поле допуска ширины шлица вала js7.

Центрирование по b применяется, когда не требуется особой точности соосности, при передаче значительных моментов, в случаях, когда недопустимы большие зазоры между боковыми поверхностями вала и втулки; наиболее простой и экономичный способ.

По ГОСТ 1139-80 назначаем поля допусков втулки и вала по нецентрирующему диаметру:

втулки H11,

предельное отклонение вала по нецентрирующему диаметру d не менее 26,7 мм.

Величины предельных отклонений диаметров и ширины прямобочного шлица:

Для втулки b-6 ĥ 28H11 ĥ 32H12 ĥ7F8 ГОСТ 1139-80

центрирующий диаметр ;



нецентрирующий диаметр ;



ширина паза ;



Для вала b-6 ĥ ≥26,7 ĥ 32a11 ĥ7js7 ГОСТ 1139-80

центрирующий диаметр ;



нецентрирующий диаметр мм;



ширина паза ;



Строим схемы расположения полей допусков (рисунок 4.2).



4.3 Эвольвентные шлицевые соединения

Исходные данные: 48 ĥ H7/h6 ĥ 2 ГОСТ 6033-80

Номинальный диаметр D=48 мм,

Модуль m=2 мм,

вид центрирования по наружному диаметру,

поле допуска наружного диаметра втулки Df - H7,

поле допуска наружного диаметра вала da - h6.

Центрирование по наружному диаметру D наиболее технологично, так как в этом случае в качестве окончательной операции отверстия выполняют протягивание, а при обработке вала - шлифование. Такое центрирование применяется в деталях с незакалённым отверстием.

Определяем по ГОСТ 6033-80 недостающие параметры эвольвентного соединения:

Число зубьев Z=22;

Делительный диаметр:

мм;



Диаметр впадин шлицевого вала

мм;



Диаметр внутренней втулки

мм;



Назначаем поле допуска ширины впадины втулки e - 9H, поле допуска толщины зуба вала S - 9d: посадка 9H/9d.

Поле допуска втулки и вала по нецентрируемому диаметру при плоской форме дна впадины: для втулки Da - H11, для вала df - h16, посадка H11/h16.

Величины предельных отклонений диаметров, предельные отклонения по боковым сторонам зубьев:

Для втулки 48 ĥ H7 ĥ 2 ГОСТ 6033-80:

центрирующий диаметр ;



ширина впадины

e - 9H: ES=+71мкм;

EJe=+26 мкм;

EJ=0;

Для вала 48 ĥ h6 ĥ 2 ГОСТ 6033-80:

центрирующий диаметр ;



толщина зуба

S - 9d: es=-44 мкм;

ese=-70 мкм;

ei=-115 мкм;

Строим схемы расположения полей допусков (рисунок 4.3).

мм.



Литература

1. Марков Н.Н., Осипов В.В., Шабалина М.Б. Нормирование точности в машиностроении: Учеб. для машиностроит. спец. вузов. / Под ред. Ю.М. Соломенцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк.; Издательский центр "Академия", 2001. – 335 с.: ил.

2. Якушев А.И. и др. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для втузов / А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.: ил.

3. В.И. Анурьев "Справочник конструктора-машиностроителя": в 3 т. -8е изд.: -М.: Машиностроение, 2001г.