

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра машин и аппаратов химических и пищевых производств

И.Б.РАБИНОВИЧ

РЕМОНТ И МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИ- ЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ И ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2008

УДК 664 (004.67+002.72)

ББК 34.44

Р 12

Рецензент

кандидат технических наук Р.Ф.Сагитов

Рабинович И.Б.

Р12 Ремонт и монтаж технологического оборудования: методические указания к лабораторным и практическим работам / И.Б.Рабинович. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007 – 70 с.

Представлены методические указания к выполнению лабораторных и практических работ по конструкторской подготовке ремонта, дефектации деталей.

Указания предназначены для выполнения лабораторных и практических работ по курсу «Ремонт и монтаж технологического оборудования» для студентов факультета пищевых производств специальностей 260601 «Машины и аппараты пищевых производств», 280801 «Машины и аппараты химических производств»

ББК 34.44

© Рабинович И.Б., 2008

© ГОУ ОГУ, 2008

Содержание

1 Лабораторная работа №1 Распознавание элементов прямозубых цилиндрических зубчатых передач.....	6
2 Лабораторная работа №2 Распознавание элементов косозубых и шевронных колес.....	11
3 Лабораторная работа №3 Распознавание элементов конических зубчатых колес.....	17
4 Лабораторная работа №4 Распознавание элементов червячных передач.....	28
5 Лабораторная работа №5 Дефектация деталей общего назначения.....	32
6 Лабораторная работа №6 Дефектация подшипников качения.....	38
7 Лабораторная работа №7 Ремонт шнеков и изготовление их витков.....	44
8 Лабораторная работа №8 Ремонт зубчатых колес методом ремонтных размеров.....	48
9 Лабораторная работа №9 Восстановление сопряжения деталей с помощью герметика 6Ф.....	54
10 Лабораторная работа №10 Наплавка подшипников скольжения баббитом.....	59
11 Лабораторная работа №11 Расчёт и выбор такелажной оснастки.	66

1 Лабораторная работа №1 Распознавание элементов прямозубых цилиндрических зубчатых передач

Цель работы:

Практическое освоение методов распознавания основных параметров зубчатых цилиндрических передач.

Общие сведения о методах распознавания элементов зубчатых цилиндрических передач

При составлении чертежей запасных частей к импортному и отечественному оборудованию требуется определить основные параметры зубчатых передач.

В связи с тем, что зубья шестерен в процессе эксплуатации утрачивают свою первоначальную форму, точное распознавание параметров зубчатой пары, нередко оказывается затруднительным, иногда и вовсе невозможным.

Эта задача осложняется еще и тем, что в зависимости от фирмы-изготовителя оборудования могут значительно отличаться стандартные параметры зацепления. Так, например, угол зацепления может быть равен $14\frac{1}{2}$, 15, 16, $17\frac{1}{2}$, 20, 25° . Значительно отличаются в различных системах коэффициент высоты зуба, радиус закругления ножки зуба и т.д. В машиностроительной практике России и ряда европейских стран основной величиной, характеризующей зубчатую передачу, является ее модуль - m ; в то же время в США, например, для характеристики зацепления используют величину, обратную модулю - диаметральный питч $P = Z/d$ соответствующий числу зубьев, приходящихся на 1 дюйм диаметра делительной окружности. Между питчем и модулем существует зависимость $P \cdot m = 25,400$. Следует отметить, что, например, в США наряду со стандартными системами распространены системы зацепления, разработанные отдельными фирмами, в частности системы фирмы "Феллоу", в которых применяется "дробные питчи". На чертежах колес, спроектированных по этой системе, питч обозначается в виде дроби, например, $3/4$, причем шаг и толщина зуба рассчитываются по питчу, указанному в числителе, а высотные размеры - по питчу, указанному в знаменателе. Указанный питч можно представить в метрических модулях следующим образом: $8,47/6,35$.

Сказанное выше, особенно при отсутствии соответствующего оборудования и режущего инструмента, вынуждает прибегать к проектированию новых зубчатых пар по заданному межцентровому расстоянию и известному числу зубьев.

Основными параметрами, подлежащими распознаванию, является модуль, угол исходного контура, высотные пропорции зуба, коэффициенты

смещения (коррекции). Зная эти параметры можно определить остальные размеры зубчатых колес.

Наиболее простым и надежным способом распознавания модуля и угла зацепления является способ прокатывания зубчатого колеса по шаблону-рейке. В качестве такого шаблона могут быть использованы как специально-изготовленные рейки, так и зуборезный инструмент, например, долбяки, гребенка и т.д., а так же шестерни с известными параметрами. При отсутствии шаблонов-реек можно измерить шаг зубьев P с помощью специального прибора или штангенциркуля. В этом случае производят замер через n зубьев, так как это делается при измерении длины общей нормали шаговой скобой (см. [1], табл. IY-15, IY-16). После этого производят замер охватывая губками на один зуб меньше. Разность между первым и вторым размером равна величине основного шага. По величине основного шага определяется модуль зацепления:

$$m = p / \pi , \quad (1.1)$$

затем пользуясь таблицами ([1], таблица IY-4) уточняют модуль зацепления и угол основной рейки.

Для определения остальных параметров пары необходимо тщательно измерить межцентровое расстояние a'_w , наружные диаметра d_{a1} , d_{a2} и сосчитать число зубьев колес Z_1 и Z_2 .

Прямозубые колеса без коррекции

Установив угол и модуль зацепления необходимо определить не является ли данная пара корригированной. Для этого следует определить модуль по формулам:

$$m = \frac{d_{a1}}{Z_1 + 2} , \quad (1.2)$$

$$m = \frac{d_{a2}}{Z_2 + 2} , \quad (1.3)$$

где d_{a1} , d_{a2} - соответственно наружные диаметры шестерни и колеса; Z_1 , Z_2 - число зубьев шестерни и колеса.

/Тут и далее верхний знак относится к наружному зацеплению, а нижний - к внутреннему/.

Если по обеим формулам получается одно и тоже значение, то зубчатая пара является некоррегированной с коэффициентом высоты $h_a^* = 1$.

При этом межосевое расстояние d_w должно соответствовать формуле:

$$a_0 = \frac{Z_1 + Z_2}{2} \cdot m, \quad (1.4)$$

Для пар с укороченным зубом, следует пользоваться вместо формул (1.2) и (1.3) формулами:

$$m = \frac{d_{a1}}{Z_1 + 2h_a^*}, \quad (1.5)$$

$$m = \frac{d_{a2}}{Z_2 + 2h_a^*}, \quad (1.6)$$

где h_a^* - коэффициент высоты зуба.

Прямозубые колеса с высотной корректней

Если межцентровое расстояние, удовлетворяет формуле (1.4), а величина модуля, определяемая по формулам (1.2), (1.3) или (1.5), (1.6) получается различной, причем по одной формуле больше, а по другой меньше стандартного значения, то пара имеет высотную коррекцию, коэффициент смещения которой находят следующим образом:

сначала находят коэффициент высоты h_a^*

$$h_a^* = \frac{d_{a1} \pm d_{a2} \mp 2a_0}{4m}, \quad (1.7)$$

а затем - коэффициент коррекции x :

$$x = \frac{d_{a1}}{2m} - \frac{Z_1}{2} - h_a^* = \pm \frac{Z_2}{2} + h_a^* \mp \frac{d_{a2}}{2m}, \quad (1.8)$$

$$x_2 = \mp x_1. \quad (1.9)$$

Прямозубые колеса с угловой коррекцией

Если межцентровое расстояние a_0' больше определенного по формуле (1.4), то пара имеет положительную угловую коррекцию, если же оно меньше полученного по формуле (1.4), то пара имеет отрицательную угловую коррекцию.

Для передач с угловой коррекцией можно при распознавании её элементов применять следующий порядок расчета:

1. Определить коэффициент изменения межцентрового расстояния:

$$\Delta a_0 = \frac{a_0' - a_0}{a_0}, \quad (1.10)$$

где a'_ω - измеренное межцентровое расстояние.

2. Определить коэффициент обратного сдвига:

$$\sigma = \frac{a_\omega}{m} \cdot \sigma', \quad (1.11)$$

σ' - коэффициент определяемый по таблице 1.1, в зависимости от Δa_ω .

3. Определяется коэффициент высоты головки зуба:

$$h_a^* = \frac{d_{a1} \pm d_{a2} \mp 2a_\omega}{4m} \pm \frac{\sigma}{2}. \quad (1.12)$$

4. Определить суммарный коэффициент коррекции пары:

$$x_\Sigma = \frac{a_\omega - a}{m} + \sigma. \quad (1.13)$$

5. Определить коэффициенты коррекции шестерни и колеса

$$x_1 = \frac{d_{a1}}{2m} - \frac{Z_1}{2} - (h_a^* \mp \sigma). \quad (1.14)$$

$$x_2 = \frac{d_{a2}}{2m} - \frac{Z_2}{2} \mp (h_a^* \mp \sigma).$$

Таблица 1.1 - Значение коэффициента σ'

Коэффициент	Угол основной рейки в градусах				
	14/5	15	17,5	20	25
-0,025	-	-	0,0036	0,0026	0,0015
-0,020	-	-	0,0022	0,0016	0,0010
-0,015	0,0018	0,0018	0,0012	0,0009	0,0005
-0,010	0,0008	0,0008	0,0005	0,0004	0,0002
-0,005	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
0,005	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
0,010	0,0007	0,0006	0,0005	0,0004	0,0002
0,015	0,0015	0,0014	0,0011	0,0008	0,0005
0,020	0,0027	0,0025	0,0018	0,0014	0,0009
0,025	0,0041	0,0039	0,0028	0,0021	0,0013
0,030	0,0058	0,0054	0,0040	0,0030	0,0019
0,035	0,0077	0,0073	0,0054	0,0042	0,0026
0,040	0,0099	0,0093	0,0070	0,0053	0,0033
0,045	0,0123	0,0116	0,0087	0,0068	0,0042
0,050	0,0150	0,0141	0,0106	0,0081	0,0051
0,060	0,0209	0,0195	0,0148	0,0115	0,0072

0,070	0,0274	0,0260	0,0192	0,0151	0,0097
0,080	0,0348	0,0327	0,0249	0,0192	0,0124
0,090	0,0429	0,0404	0,0308	0,0240	0,0154
0,100	0,0516	0,0486	0,0371	0,0289	0,0187

Примечание: промежуточные значения σ' находятся квадратичной интерполяцией с точностью до четвертого знака после запятой.

Порядок выполнения работы

1. Произвести прокатывание шестерен по зуборезному инструменту реечного типа (червячной фрезе гребёнке или долбяку) и установить модуль, угол зацепления и коэффициент высоты зуба передачи.

2. Замерить наружные диаметры шестерни, колеса и межцентровое расстояние. Установить подвергалось ли зацепление коррегированию. Определить тип коррегирования.

3. Определить коэффициенты коррекции.

4. Рассчитать основные размеры шестерни и колеса.

Литература

1. Справочник механика машиностроительного завода в 2 томах. Т.1 / под ред. Р.А. Носкина; Я.Н.Бляхер, [и др.] М.: Машиностроение 1971. – 623 с..

2. Зубчатые передачи: справочник / под общей редакцией Е.Г.Гинзбурга; Е.Г.Гинзбург, [и др.] Л.: Машиностроение 1980. – 416 с.

3. ГОСТ 16530-83. Передачи зубчатые. Общие термины, определения и обозначения. Введ. 01.01.84. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 52 с.

4. ГОСТ 16531-83. Передачи зубчатые цилиндрические. Термины, определения и обозначения. Введ. 01.01.84. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 31 с.

5. ГОСТ 16532-70. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрий. Введ. 01.01.72. – М.: Изд-во стандартов, 1970. –44 с.

6. ГОСТ 19274-73. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внутреннего зацепления. Расчет геометрий. Введ. 01.01.75. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 65 с.

7. ГОСТ 9563-60. Основные нормы взаимозаменяемости. Колеса зубчатые. Модули. Введ. 01.07.62. – М.: Изд-во стандартов, 1960. – 5 с.

8. ГОСТ 2185-66 (СТСЭВ 229-75). Передачи зубчатые цилиндрические. Основные параметры. Введ. 01.01.68. – М.: Изд-во стандартов, 1966. – 4 с.

2 Лабораторная работа №2 Распознавание элементов косозубых и шевронных колес

Цель работы:

Практическое освоение методов распознавания основных параметров косозубых и шевронных передач.

Общие сведения о методах распознавания элементов косозубых и шевронных передач

Распознавание элементов косозубых и шевронных передач аналогично распознаванию элементов прямозубых цилиндрических передач.

Основными параметрами, подлежащими определению являются: нормальный и торцевой модуль, угол зацепления, угол наклона зуба, высотные пропорции зуба, коэффициенты коррекции.

Модуль и угол зацепления как и для цилиндрических колес определяют с помощью набора шаблонов-реек или измерением основного шага в нормальном сечении.

Величину модуля уточняют по стандартам страны-изготовителя оборудования. При этом следует учесть, что у шестерен нарезанных на станках, работающих червячными, дисковыми, пальцевыми фрезами, зуборезными гребенками и на зубошлифовальных станках стандартные, размеры зубьев, получаются в нормальном сечении, а для колес, полученных на зубодолбежных станках, работающих двумя долбяками, или двумя гребенками, стандартные размеры получаются в торцевом сечении.

Для распознавания угла зацепления пользуются измерительными приборами, если колесо находится в хорошем состоянии.

Можно определить угол наклона зуба с помощью двух шариков, как показано на рисунок 2.1, или установив зубчатое колесо в делительную головку и замерив ход индикаторного щупа - X , штифт которого скользит по зубу при повороте колеса на угол θ° .

Величина P_x равна расстоянию l деленному на число осевых шагов между шариками.

Осевой шаг при этом определятся из выражения:

$$P_x = \frac{360^\circ}{Z \cdot \theta^\circ}, \quad (2.1)$$

откуда угол наклона зуба при известном осевом модуле будет:

$$\beta = \text{Arctg} \left(\frac{\pi \cdot m_t}{P_x} \right), \quad (2.2)$$

а при известном нормальном модуле по выражению:

$$\beta = \text{Ar} \sin \left(\frac{\pi \cdot m}{P_x} \right). \quad (2.3)$$

При изношенных шестернях, когда не удастся точно определить угол, производят замену колес парами. В этом случае, угол наклона зуба определяют по отпечатку зубьев, полученному на бумажной ленте, которой обворачивают колесо или шестерню.

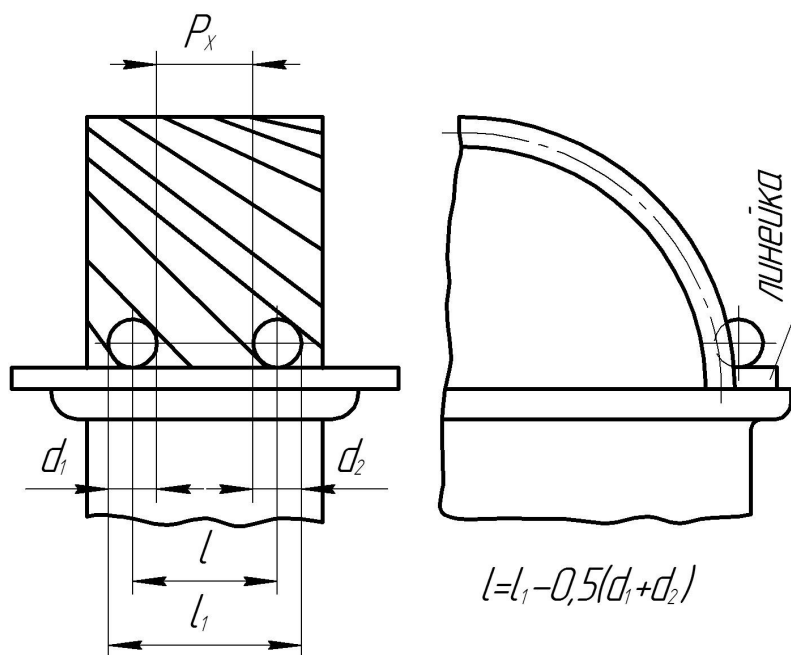


Рисунок 2.1 - Определение величины осевого шага P_x косозубого колеса при помощи шариков.

Угол наклона зубьев на делительном цилиндре в этом случае определяется по выражению:

$$\beta = \text{Ar} \sin \left(\frac{Z_1 \cdot m_t \cdot \text{tg} \beta_{a_1}}{d_{a_1}} \right), \quad (2.4)$$

$$\beta = \text{Ar} \sin \left(\frac{Z_2 \cdot m_t \cdot \text{tg} \beta_{a_2}}{d_{a_2}} \right). \quad (2.5)$$

где Z_1 и Z_2 - соответственно число зубьев шестерни и колеса;
 d_{a_1} и d_{a_2} - диаметры наружных цилиндров шестерни и колеса;
 β_{a_1} и β_{a_2} - угол наклона зубьев на наружном цилиндре шестерки и колеса.

После этого окончательно уточняют нормальный или торцевой модуль, пользуясь выражением:

$$m_t = m / \cos \beta \quad (2.6)$$

После определения m , m_t и угла следует проверить зацепление на наличие коррекции. Для этого по замеренным ранее наружным диаметрам шестерни и колеса и углу β рассчитывают нормальный модуль - m .

$$m = \frac{d_{a_1}}{Z_1 / \cos \beta + 2h_a^*} \quad (2.7)$$

$$m = \frac{d_{a_2}}{Z_2 / \cos \beta \pm 2h_a^*} \quad (2.8)$$

Коэффициент высоты головки зуба h_a^* принимают обычно равным 1.

Если значения m по формулам (2.7) и (2.8) получились равными и соответствуют определенным ранее, то пара не корригирована и имеет стандартные значения размеров зуба в нормальном сечении.

Если этого не получается, необходимо проверить пару на наличие стандартных размеров в торцевом сечении по формуле (2.6)

$$h_{at}^* = h_a^* \cdot \cos \beta \quad (2.9)$$

если и в торцевом сечении стандартных размеров получить не удастся, то это означает, что пара выполнена с коррекцией.

При этом если замеренное межцентровое расстояние a_ω удовлетворяет уравнению:

$$a'_\omega = a_\omega = \frac{\pm Z_1 + Z_2}{2} \cdot \frac{m}{\cos \beta} = \frac{\pm Z_1 + Z_2}{2} \cdot m_t \quad (2.10)$$

то пара имеет высотную коррекцию, если пара имеет межцентровое расстояние a'_ω отличное от полученного расчетом по формуле (2.10) - a_ω , то пара имеет угловую коррекцию.

Пары с высотной коррекцией

Для пар с высотной коррекцией определяют:

- коэффициент высоты

$$h_{at}^* = \frac{d_{a_1} \pm d_{a_2} \mp 2a}{4m_t} \quad (2.11)$$

- коэффициент коррекции

$$x_1 = \frac{d_{a_1}}{2m_t} - \frac{Z_1}{2} - h_{at} = \pm \frac{Z_2}{2} + h_{at}^* \mp \frac{d_{a_2}}{2m_t}. \quad (2.12)$$

$$x_2 = \mp x_1. \quad (2.13)$$

Пары с угловой коррекцией

Для распознавания элементов пар с угловой коррекцией необходимо:

1. Определить по изложенной выше методике значение m_t , a , α_t , β

определить межцентровое расстояние при отсутствии коррекции:

$$a_0 = \frac{\pm Z_1 + Z_2}{2} \cdot m_t. \quad (2.14)$$

2. Определить угол зацепления пары в торцевом сечении по измеренному межцентровому расстоянию - a'_0 .

$$\alpha_t = \text{Arc cos} \left(\frac{a}{a_0} \cdot \cos \alpha_t \right), \quad (2.15)$$

где α_t - угол зацепления основной рейки в торцевом сечении.

3. Определить суммарный коэффициент коррекции в торцевом сечении

$$x_{\Sigma t} = \frac{(\text{inv} \alpha_t - \text{inv} \alpha_{ot}) \cdot \theta}{m_t \cdot \text{tg} \alpha_{ot}}. \quad (2.16)$$

4. Значение эвольвентной функции для углов α_t и α_{ot} следует определить по таблицам или рассчитать по формуле:

$$\text{inv} \alpha = \text{tg} \alpha - \frac{\alpha}{57,296}. \quad (2.17)$$

5. Определить разность между суммой сдвигов и изменением межцентрового расстояния:

$$\Delta' a_0 = x_{\Sigma t} \cdot m_t - (a_0 - a). \quad (2.18)$$

6. Определить коэффициент высоты головки зуба основной рейки:

$$h_{at}^* = \frac{d_{a_1} \pm d_{a_2} \pm 2a_0}{4m_t} \pm \frac{\Delta' a_0}{2m_t}. \quad (2.19)$$

7. Определить модуль эквивалентной пары

$$m_v = \frac{a_\theta}{a} \cdot m_t = \frac{2a_\theta}{\pm Z_1 + Z_2}. \quad (2.20)$$

8. Определить коэффициент коррекции эквивалентной пары

$$x_v = \frac{1}{4} (\pm Z_2 - Z_1 - \frac{d_{a_2} \mp d_{a_1}}{m_v}). \quad (2.21)$$

9. Определить коэффициенты коррекции шестерни колеса

$$x_{t1} = \frac{m_v}{m_t} \cdot \left(x_v \pm \frac{\Delta' a_\theta}{2m_v} \right) + \frac{Z_1}{2} \cdot \left(\frac{m_v}{m_t} - 1 \right). \quad (2.22)$$

$$x = x_{\Sigma t} \mp x_{t1}. \quad (2.23)$$

Порядок выполнения работы

1. Замерить наружные диаметры шестерни и колеса, межцентровое расстояние

2. Прокатывание по зуборезному инструменту определить модуль и угол зацепления.

3. Установить зубчатое колесо в делительную головку, а щуп индикатора на половине высоты зуба и замерить ход щупа X и угол θ так, чтобы при повороте на угол θ щуп индикатора перемещался на расстояние, близкое к максимальному ходу штока индикатора (7-8мм).

4. Рассчитать угол наклона зуба β .

В случае большого износа пары определение угла провести методом отпечатка.

В обоих случаях для получения значения угла β замеры выполнить трижды.

5. По методике, описанной ранее проверить зацепление на наличие коррекции и в случае ее обнаружения определить тип корригирования и коэффициенту коррекции.

Определить расчетом необходимые для выполнения эскиза шестерни и колеса размеры и начертить эскизы.

Материальный инструмент и оборудование

Для выполнения работы необходимо иметь штанген-зубомер или микрометрический глубиномер, штанген-циркуль, транспортир, угломер, делительную головку, стойки с индикатором.

Отчет о работе

Должен включать:

- цель работы;
- краткий порядок определения основных параметров зацепления;
- результаты измерения;
- расчет зубчатой пары;
- эскизы шестерни и колеса;
- выводы по работе.

Литература

1. Зубчатые передачи: справочник / под общей редакцией Е.Г.Гинзбурга; Н.Ф.Фирун, [и др.] Л.: Машиностроение 1980. – 416 с.
2. Справочник механика машиностроительного завода в 2 томах. Т.1. / под ред. Р.А. Носкина; Я.Н.Бляхер [и др.] 3-е издание исправленное и переработанное и дополненное М.: Машиностроение 1971. – 623 с..
3. Производство зубчатых колес: справочник / под общей ред. Б.А.Тайца; С.Н.Калашников, [и др.] М.: Машиностроение, 1993. - 464 с.
4. Проектирование механических передач: учебно-справочное пособие для вузов / С.А.Чернавский, [и др.] 5-е издание переработанное и дополненное - М.: Машиностроение, 1984. - 580 с.
5. ГОСТ 16530-83. Передачи зубчатые. Общие термины, определения и обозначения. Введ. 01.01.84. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 52 с.
6. ГОСТ 16531-83. Передачи зубчатые цилиндрические. Термины, определения и обозначения. Введ. 01.01.84. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 31 с.
7. ГОСТ 16532-70. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрий. Введ. 01.01.72. – М.: Изд-во стандартов, 1970. –44 с.
8. ГОСТ 19274-73. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внутреннего зацепления. Расчет геометрий. Введ. 01.01.75. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 65 с.
9. ГОСТ 9563-60. Основные нормы взаимозаменяемости. Колеса зубчатые. Модули. Введ. 01.07.62. – М.: Изд-во стандартов, 1960. – 5 с.
10. ГОСТ 2185-66 (СТСЭВ 229-75). Передачи зубчатые цилиндрические. Основные параметры. Введ. 01.01.68. – М.: Изд-во стандартов, 1966. – 4 с.

3 Лабораторная работа №3 Распознавание элементов конических зубчатых колес

Цель работы: Практическое освоение методов распознавания основных параметров зубчатых конических передач.

Основные сведения о конических зубчатых передачах и методах распознавания их параметров

Конические зубчатые колеса, как правило, следует при ремонте изготавливать и заменять парами. Поэтому при распознавании основных параметров зацепления можно пользоваться приближенными значениями.

Исходными величинами для распознавания являются:

- число зубьев шестерни - Z_1 ;
- число зубьев колеса - Z_2 ;
- внешний диаметр вершин зубьев шестерни - d_{ae_1} ;
- внешний диаметр вершин зубьев колеса - d_{ae_2} ;
- угол между осями - Σ .

Разновидности конических зубчатых колес

Основным типом конических зубчатых колес являются колеса с прямыми зубьями, колеса с тангенциальными зубьями и колеса с круговыми зубьями. Зубчатые колеса с круговыми зубьями могут выполняться с углом наклона зубьев от 0 до 50°. Колеса с углом наклона 0° иногда называют зерол-колесами.

Кроме названных выше иногда применяются колеса с полоидными зубьями. Они нарезаются коническими червячными фрезами.

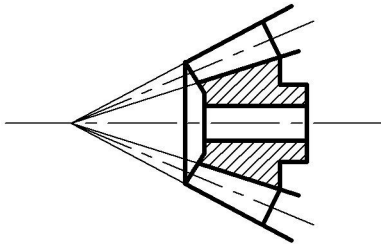
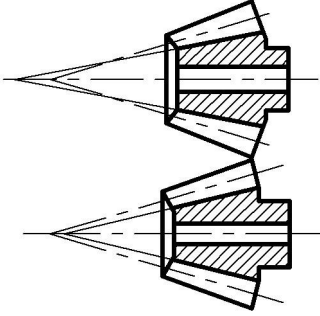
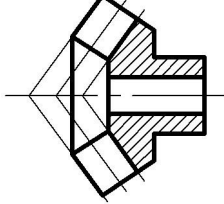
Изготовление конических зубчатых колес с тангенциальными, круговыми и полоидными зубьями в ремонтной практике непосредственно в механических цехах предприятий пищевой промышленности, мало вероятно. Однако размещение заказов на их изготовление на машиностроительных предприятиях не освобождает от необходимости разработки ремонтных чертежей.

В связи с тем, что в России получили в основном распространение передачи с прямыми и круговыми зубьями, при ремонте желательна замена конических передач с тангенциальными и полоидными зубьями на передачу с круговыми зубьями.

Различают три формы зубьев в осевом сечении колес. Осевая форма зубьев, определяется взаимным расположением образующих делительного конуса, конуса вершин и конуса впадин, а также взаимным расположением вершин этих конусов. Характеристики всех трех осевых форм приведены в таблица 3.1.

Как видно из таблицы 3.1 при одних и тех же заданных параметрах колес возможно использование зубьев различной формы, поэтому ее выбирают не только с учетом геометрических, но и технологических и производственных факторов.

Таблица 3.1 - Характеристика осевых форм зубьев конических зубчатых колес (ГОСТ 19325-73)

Форма зубьев	Эскиз	Характеристика	Область применения
I		Пропорционально понижающиеся. Вершины конусов делительного и впадин совпадают. Высота ножки зубьев пропорциональна конусному расстоянию.	Зубчатые колеса с прямыми зубьями. Зубчатые колеса с круговыми зубьями при $m_n = 0,2...25$. $R = 60...650$, мм. $\beta_n = 0...45^\circ$. $Z_c = 20...100$.
II		Понижающиеся зубья. Вершины конусов делительного и впадин не совпадают	Зубчатые колеса с тангенциальными зубьями. Зубчатые колеса с круговыми зубьями при $m_n = 0,4...25$. $R = 60...700$, мм. $\beta_n = 0...10^\circ$ (допускается β_n до 45°). $Z_c = 24...100$.
III		Равновысокие зубья. Образующие конусов делительного, впадин и вершин параллельны. Высота зубьев постоянна по всей длине.	Зубчатые колеса с круговыми зубьями при $m_n = 2...25$. $R = 75...750$, мм. $\beta_n = 25...45^\circ$. $Z_c > 40$.

Примечание:

Здесь Z_c - число зубьев плоского колеса сопряженного с данным коническим; β_n - средний (расчетный) угол наклона зубьев; m_n - средний нормальный модуль; R - среднее конусное расстояние.

Так, например, для передач неответственного назначения при ремонте допускается [1] производить нарезание конических колес с прямым зубом дисковыми модульными фрезами, придавая зубьям форму I. Однако для улучшения условий работы зубьев целесообразным является изготавливать ремонтные колеса [2] тем же способом, но формой II.

Таким образом, в связи с полной заменой конических пар при ремонте, на выбор ее типа в основном влияет необходимость обеспечения требуемой прочности и технологические возможности предприятия.

Корректирование конических зубчатых колес

Для конических зубчатых колес применяется высотная и тангенциальная коррекция.

Высотная коррекция состоит в увеличении высоты головки зуба шестерки на величину $X \cdot m$ за счет такого же уменьшения ножки зуба колеса.

Сущность **тангенциальной коррекции** состоит в том, что толщина зуба по дуге делительной окружности шестерни увеличивается на величину $x_{\sigma_1} \cdot m$, а у колеса на столько же уменьшается.

Для прямозубых колес при передаточном отношении $u \geq 2,5$ величину $x_{\tau_1} = -x_{\tau_2}$ рекомендуется относить к торцевому модулю и вычислять по формуле:

$$x_{\tau_1} = 0,03 + 0,008 \cdot (u - 2,5). \quad (3.1)$$

Для колес с тангенциальными зубьями:

$$x_{\tau_1} = x_{\tau_2} = 0. \quad (3.2)$$

Для колес с круговыми зубьями при $m > 2$

$$x_{\tau_1} = 0,01u + 0,00267\beta_n, \quad (3.3)$$

где β_n в градусах.

Угловая коррекция конических зубчатых колес применяется при полонидном зацеплении. При прямых зубьях угловая коррекция равносильна простому назначению на чертеже угла зацепления, отличающегося от нормального. Увеличение угла зацепления прямозубых конических колес до $22,5...25^\circ$ может оказаться целесообразным при малом числе зубьев шестерни и передаточном числе пары близком к I. Нарезание конических прямозубых колес с любым углом зацепления может быть осуществлено при помощи стандартного инструмента [2,3].

Распознавание элементов зацепления конических зубчатых передач

Углы начальных конусов при $\Sigma \neq 90^\circ$ определяются:

при $\Sigma < 90^\circ$

$$\operatorname{tg} \delta_{\omega_1} = \frac{\sin \Sigma}{u + \cos \Sigma}; \quad \delta_{\omega_2} = \Sigma - \delta_{\omega_1}. \quad (3.4)$$

при $\Sigma > 90^\circ$

$$\operatorname{tg} \delta_{\omega_1} = \frac{\sin(180^\circ - \Sigma)}{u - \cos(180^\circ - \Sigma)}; \quad \delta_{\omega_2} = \Sigma - \delta_{\omega_1}. \quad (3.5)$$

где Σ - межосевой угол в градусах;

u - передаточное число пары;
 δ_{ω_1} и δ_{ω_2} - углы начальных конусов шестерни и колеса соответственно.
 При $\Sigma = 90^\circ$

$$\operatorname{tg} \delta_{\omega_1} = u ; \delta_{\omega_2} = 90^\circ - \delta_{\omega_1} . \quad (3.6)$$

Число зубьев плоского колеса:

$$Z_e = \frac{Z_1}{\sin \delta_{\omega_1}} = \frac{Z_2}{\sin \delta_{\omega_2}} , \quad (3.7)$$

при $\Sigma = 90^\circ$

$$Z_e = \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2} . \quad (3.8)$$

Длину образующей начального конуса R_e приближенно определяют одним из способов:

С помощью контрольно-обкатного станка.

При угле между осями $\Sigma = 90^\circ$ размер двойное конусное расстояние определяют замером (рисунок 3.1).

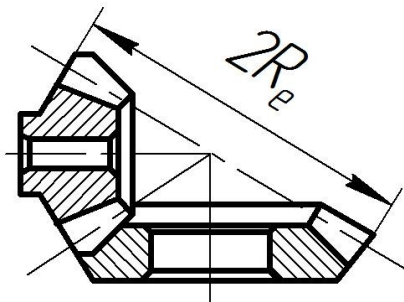


Рисунок 3.1.

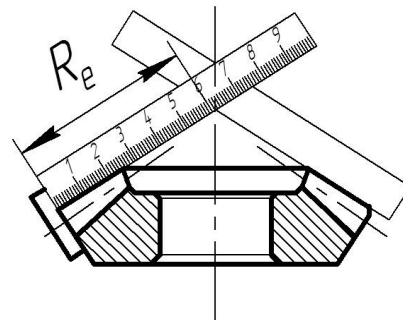


Рисунок 3.2.

Конусное расстояние может быть с некоторой погрешностью определено при помощи двух линеек (рисунок 3.2).

После определения модуля величина R_e подлежит корректировке по формуле:

$$R_e = \frac{Z_c \cdot m}{2} , \quad (3.9)$$

Внешний окружной модуль определяют по приближенно замеренной величине R_e по выражению:

$$m_{ie} = \frac{2R_e}{Z_c} . \quad (3.10)$$

Полученная величина округляется до стандартного значения.

При круговых зубьях модуль и питч не всегда выражаются стандартной величиной.

Угол спирали можно найти следующим образом:

Тангенциальные зубья. Начертить на бумаге из одного центра окружности радиусом R_e и $R_e - 0,5 \cdot b$, затем вырезать сектор приблизительно равный $1/6$ окружности, нанести на вершины ленточек зубьев колеса (большого из пары) тонкий слой краски. Приложить бумажный сектор заподлицо с наружной окружностью колеса и сделать на бумаге отпечаток зубьев (рисунок 3.3а).

Распрямив полученный отпечаток провести линию OP и измерить угол β с помощью транспортира или другим способом.

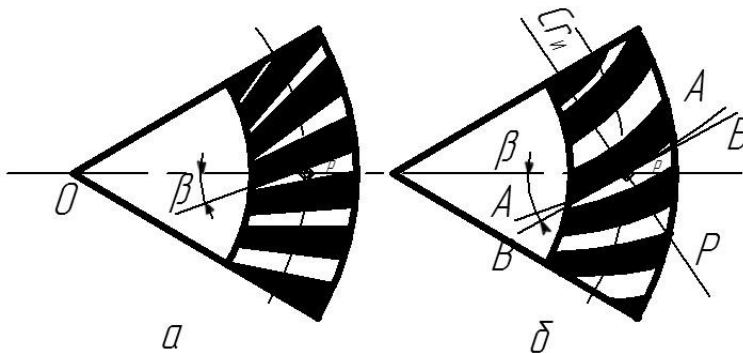


Рисунок 3.3

Круговые зубья. Сделать отпечаток как в предыдущем случае (рисунок 3.3б), после чего подобрать радиус τ_n , соответствующий радиусу резцовой головки, применяемой при обработке зубьев (см. таблицу 3.1). Проведя дугу окружности AA и касательную $BB \perp CP$ в средней точке P , а также луч OP измерить угол спирали β .

Таблица 3.2

Номинальный диаметр головок, мм	Параметры конических и гипоидных зубчатых колес, мм		
	Наибольшая внешняя высота зуба, h_e	Наибольший модуль	
		внешний окружной m_{te}	нормальный m_n
1	2	3	4
20	3		0,80
25	3		1,00
32	4		1,25
40	5		1,50
50	6		2,0
60	7		2,25
80	8		2,50

100	9	4,0	3,00
125	10	4,5	3,50
160	13	5,0	4,00
200	16	6,0	5,00
250	20	8,0	6,00
320	24	10,0	8,00
400	30	13,0	10,00
500	36	16,0	12,00
630	45	20,0	16,00
800	60	26,0	20,00
1000	70	30,0	25,00

Номинальные диаметры зуборезных головок в дюймах по данным фирмы "Глисон" имеют размеры: 0,5", 1,1", 1,5", 2", 3,5", 4,6", 5", 6", 7,5", 9", 12", 16", 18", 21".

После нахождения величины коэффициента высоты зуба h_a^* и коэффициента радиального зазора c^* , коэффициента коррекции x значение β следует уточнить, определив предварительно номер резцов. Номер резцов определяет величину отклонения угла профиля нормального значения угла исходного контура.

По ГОСТ 19326-73

$$N = \Delta \alpha / 10 \text{ или } N = \frac{343,2(h_a^* + c^*)}{Z_e} \cdot \sin \beta, \quad (3.11)$$

где $\Delta \alpha$ - отклонение угла в минутах.

По действующей ранее нормали ЭНИМС:

$$N_o = \frac{\theta_{f_1} + \theta_{f_2}}{20} \cdot \sin \beta', \quad (3.12)$$

где

$$\theta_{f_1} + \theta_{f_2} = \frac{13750}{Z_c} (h_a^* + c^*). \quad (3.13)$$

- значение угла, полученное замером.

По ГОСТ 19326-73 номера резцов имеет следующее значение; 0-2-4-6-8-10-12-14-16-20-22-24-30-36-42. Чаще всего применялся при черновой и чистовой обработке колеса резцы с номером 12 или 0, для чистовой обработки шестерни - 0; 12; 36; и реже 42.

По действовавшей ранее нормали ЭНИМС применялись номера резцов из следующего ряда 0; 1 1/2; 2 1/2; 3 1/2; 4 1/2 и т.д.

Производя округление значения N полученных из выражений (3.11) или (3.12) до значений, указанных выше, находят уточненное значение угла β .

Для исходного контура по ГОСТ 11902-77

$$\sin 2\beta_n = N \cdot Z_c / [343,8(h_a^* + c^*)]. \quad (3.14)$$

Для исходного контура по ГОСТ 16202-81

$$\sin 2\beta_n = N \cdot Z_c / 429,75. \quad (3.15)$$

Для контура по нормали ЭНИМС (ГОСТ 3058-54)

$$\sin 2\beta_n = \frac{20 \cdot N}{\theta_{f1} + \theta_{f2}}. \quad (3.16)$$

Использованный при изготовлении станка контур определяют ориентировочного по дате выпуска оборудования.

Наличие коррекций зацепления устанавливается путем сравнения расчетных наружных диаметров для нормального зацепления с наружными диаметрами, полученными при непосредственном измерении. Если замеренные диаметры совпадают с полученными расчетами, то пара не корригирована и имеет коэффициент высоты h_a^* .

Несовпадение наружных диаметров с расчетным показывает на наличие коррекции или пониженной высоты зуба.

Для распознавания корригированной пары расчет ведут по формулам:

$$d_{ae_1} = m_{te}(Z_1 + 2 \cos \delta_{\omega_1}). \quad (3.17)$$

$$d_{ae_2} = m_{te}(Z_2 + 2 \cos \delta_{\omega_2}). \quad (3.18)$$

Точное распознавание угла зацепления и коэффициентов коррекции существующей и тем более изношенной пары, особенно при круговых зубьях, форма которых зависит не только от принятых расчетных параметров, но и от способа обработки весьма затруднительно. Кроме того, точное соблюдение параметров пары часто требует специального инструмента, что не вызывается практической необходимостью при замене обоих сцепляющихся зубчатых колес. Поэтому, при корригированных зубьях рекомендуется производить расчет пары заново по найденным значениям Z_1 , Z_2 , m_n , m_{te} и β_n , принимая коэффициенты коррекции по соответствующим рекомендациям ([1], [2]) и формулам (3.1), (3.2), (3.3).

В некоторых случаях, например, при большом передаточном числе, когда шестерня изнашивается значительно быстрее, чем колесо, может оказаться желательным заменить только шестерню. В этом случае требуется

сохранить требуемые параметры пары. Однако следует учесть, что изготовить коническую шестерню к существующему колесу можно только индивидуально, т.е. изготовить пробную шестерню, сцепить ее с колесом на контрольно-обкатном станке или в самой ремонтируемой машине, и получив отпечаток контакта зубьев, внести исправления в наладку зуборезного станка, поступая так до тех пор, пока не получится приемлемый контакт. В этом и подобных случаях следует продолжать распознавание и ориентировочно определить коэффициенты коррекции, высотные пропорции зубьев и угол зацепления существующей пары.

Определение коэффициента высоты зуба h_{ae}^* :

- измерить высоту зуба у наружного торца;
- задаются величиной коэффициента радиального зазора c^* пользуясь данными, приведенными в соответствующих стандартах и рекомендациями фирм (см. [2] , таблица 132)
- определяют коэффициент высоты по формуле:

$$h_{ae}^* = \frac{1}{2} \left(\frac{h_e}{m_n} - c^* \right). \quad (3.19)$$

Определяют коэффициент высотной коррекции

$$x_{e_1} = \frac{d_{ae_1} - Z_m \cdot m_{ne}}{2m_{ne} \cdot \cos \delta_1} - h_{ae}^*. \quad (3.20)$$

Определяют наружные диаметры шестерни и колеса

$$d_{ae_1} = Z_1 \cdot m_{te} + 2m_{ne}(h_a^* + x_{e_1}) \cos \delta_1. \quad (3.21)$$

$$d_{ae_2} = Z_2 \cdot m_{te} + 2m_{ne}(h_a^* + x_{e_2}) \cos \delta_2. \quad (3.22)$$

Если замеренные диаметры равны расчётным, то коэффициент h_a^* , x_{e_1} и x_{e_2} определены правильно.

Определение угла зацепления

Прямые зубья. Так как кривизна профиля зубьев конического колеса (большого из пары) обычно невелика, можно применять следующий простой способ определения приближенного значения угла зацепления. Смазав тонким слоем краски, нижний торец колеса, опечатывают на бумаге профиль зуба (рисунок 3.4) После чего наносят на нем прямую от дна впадины на расстоянии.

$$h_{fe} = (h_a^* - x_{ne} + c^*).$$

Затем проводят касательную к профилю в точках А и В и определяют угол α_w транспортиром. Если модуль зацепления мал - пользуются проектором.

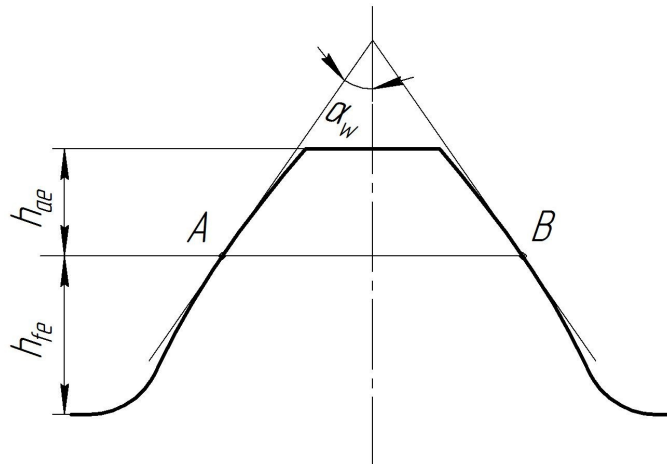


Рисунок 3.4 - Круговые и тангенциальные зубья.

Описанным выше способом определяют угол зацепления в торцевом сечении. Для нахождения угла зацепления в нормальном сечении сначала определяют угол спирали на наружном торце.

При круговых зубьях

$$\sin \beta_{te} = \frac{1}{d_o} \left(R_e + \frac{R(d_o \sin \beta_n - R)}{R_e} \right). \quad (3.23)$$

При тангенциальных зубьях

$$\sin \beta_{te} = \frac{R}{R_e} \cdot \sin \beta_n. \quad (3.24)$$

Затем находят угол α_o по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_o = \operatorname{tg} \alpha_t \cdot \cos \beta_{te}. \quad (3.25)$$

В России стандартизирован только угол зацепления 20° . В машинах Германских фирм встречаются колеса с прямыми и тангенциальными зубьями, с углом зацепления 15° , а в машинах Англии и США с углом $14^\circ 30'$. В выпускавшемся ранее оборудовании с колесами, нарезанными на станках фирмы "Глисон", углы зацепления могли быть $14^\circ 30'$, $17^\circ 30'$ и 20° . В этой же системе угол мог отличаться от указанных ранее величин и мог быть, например, равным 16° для всех передаточных чисел.

В настоящее время все системы пересмотрены и применяется главным образом 20° -ое зацепление.

Определение коэффициента тангенциальной коррекции. При передаточном отношении $u = 1$ коэффициент тангенциальной коррекции обычно равен нулю. В остальных случаях можно поступить следующим образом.

Прямые зубья. Замеряют толщину зуба колеса (большого из пары) при помощи зубомера, установив на нем высоту

$$h = (h_a^* - x) \cdot m .$$

Коэффициент тангенциальной коррекции можно найти по формуле:

$$X_{t_2} = \frac{1}{m} \left(\frac{\pi}{2} - 2x_{ae} \operatorname{tg} \alpha_o - \delta_2 \right) . \quad (3.26)$$

Круговые и тангенциальные зубья

- определяют промежуточную величину G по формуле:

$$G \approx 1 - \frac{(1,571 - 2x \operatorname{tg} \alpha_t) \sin \beta_e \cdot \cos \beta_e}{Z_c} . \quad (3.27)$$

- устанавливает зубомер по высоте на размер h :

$$h = m \cdot (h_t^* - x_t) \cdot G , \quad (3.28)$$

и измеряют толщину зуба в нормальном сечении у наружного торца S_a .

- определяют толщину зуба по делительной окружности по формуле:

$$S \approx \frac{S_a}{G \cdot \cos \beta_e} . \quad (3.29)$$

- определяют коэффициент тангенциальной коррекции по формуле (3.26), подставив в нее α_t вместо α_o .

Когда найдены все величины производят геометрический расчет по известным методам.

Порядок выполнения работы

1. Определить тип зацепления
2. Замерить внешние диаметры шестерни и колеса, угол между осями.

Посчитать число зубьев шестерни и колеса.

3. Рассчитать углы начальных конусов.
4. Определить число зубьев плоского колеса.
5. Определять длину образующей начального конуса.
6. Определить величину модуля зацепления и скорректировать его.
7. Определить угол спирали у пар с круговым зубом.
8. Проверить пару на наличие коррекции.
9. Определить коэффициент высоты зуба.

10. Определить коэффициенты высотной коррекции и проверить их по расчётным и замеренным значениям наружных диаметров шестерни и колеса.

11. Определить угол зацепления.

12. Замерить толщину зуба и определить коэффициенты тангенциальной коррекции.

13. По полученным характеристикам зацепления произвести расчет зубчатого колеса и шестерни, проверить совпадение расчетных и замеренных размеров пары, вычертить эскизы шестерни и колеса.

Материалы, оборудование инструмент

Для выполнения работы необходимо иметь:

- микрометрический, штанген-зубомер, штанген-циркуль, линейки металлические - 2 шт., угломер, транспортир.

Отчет по работе

Отчет по работе должен включать:

- цель работы;
- краткий порядок определения основных параметров зацепления;
- результаты измерений;
- расчет зубчатой пары;
- эскизы шестерни и колеса;
- выводы по работе.

Литература

1. Зубчатые передачи: справочник / под общей редакцией Е.Г.Гинзбурга; Е.Г.Гинзбург, [и др.] Л.: Машиностроение 1980. – 416 с.

2. Справочник механика машиностроительного завода в 2 томах. Т.1 / под ред. Р.А. Носкина; Я.Н.Бляхер, [и др.] М.: Машиностроение 1971. – 623 с..

3. Проектирование механических передач: учебно-справочное пособие для вузов / С.А.Чернавский, [и др.] 5-е издание переработанное и дополненное - М.: Машиностроение, 1984. - 580 с.

4. ГОСТ 16530-83. Передачи зубчатые. Общие термины, определения и обозначения. Введ. 01.01.84. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 52 с.

5. ГОСТ 19325-73. Передачи зубчатые конические. Термины, определения и обозначения. Введ. 01.01.75. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 89 с.

6. ГОСТ 19326-73. Передачи зубчатые конические с круговыми зубьями. Расчет геометрии. Введ. 01.01.79. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 78 с.

7. ГОСТ 16202-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые конические с круговыми зубьями. Исходный контур. Введ. 01.07.81. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 4 с.

8. ГОСТ 12289-76 Передачи зубчатые конические, основные параметры. Введ. 01.07.77. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 7 с.

9. ГОСТ 9563-60 Основные нормы взаимозаменяемости. Колеса зубчатые. Модули. Введ. 01.01.89. – М.: Изд-во стандартов, 1960. – 5 с.

4 Лабораторная работа №4 Распознавание элементов червячных передач

Цель работы:

Практическое освоение методов распознавания основных параметров червячных передач.

Общие сведения о методах распознавания основных параметров червячных передач

Типы червячных передач

Различают следующие типы червячных передач:

- червячная передача с архимедовым червяком, имеющем в осевом сечении прямолинейный профиль витка в торцевом сечении - криволинейный выполненный по архимедовой спирали;

- червячная передача с эвольвентным червяком, имеющим в плоскости сечения, параллельной его оси и касательной к его основному цилиндру прямолинейный профиль витка. В торцевом сечении профиль витка червяка представляет собою эвольвенту окружности;

- червячная передача с удлинено-эвольвентным червяком. Профиль витка этого червяка в нормальном сечении прямолинейный, а в торцевом сечении близок к удлиненной эвольвенте.

В ремонтной практике червяки обычно нарезают на токарных станках, а также на зубофрезерных станках. Возможно также точение червяков на зуборезных станках с помощью зуборезного долбяка.

При единичном или мелкосерийном производстве целесообразно применять удлинено-эвольвентную форму червяка, т.к. в этом случае токарный резец для нарезания червяка и летучий резец для нарезания колеса имеют одинаковую форму.

Червячные колеса нарезают на зубофрезерных станках специальными фрезами или вращающимися резцами-летучками. Последний способ часто применяется при ремонте из-за простоты инструмента.

Червячная передача может быть коррегированной. Ею выполняют в тех случаях, когда необходимо увеличить прочность зубьев колеса, или устранить их подрезание, а также для получения определенного межцентрового расстояния - a_w .

Условие отсутствия подреза у зубьев червячного колеса выражается формулой:

$$a_{w \min} = 0,5(d_{a1} + d_2 \cdot \cos \alpha_{ns}), \quad (4.1)$$

где $a_{w \min}$ - минимальное межцентровое расстояние, при котором отсутствует подрезание;

d_{a1} - диаметр окружности выступов червяка;

d_2 - диаметр делительной окружности колеса;
 α_{ns} - угол зацепления.

Коэффициент коррекции, необходимый для получения заданного межосевого расстояния можно определить по формуле:

$$x = \frac{a'_w}{m} - 0,5(q - Z_2), \quad (4.2)$$

где x - коэффициент коррекции;
 a'_w - замеренное межосевое расстояние;
 q - число модулей в делительном диаметре червяка;
 Z_2 - число зубьев колеса.

Распознавание элементов червячных передач

При распознавании элементов червячных передач определяют модуль зацепления - m , радиальный зазор у впадины колеса c , коэффициент высоты головки зуба червяка - $h_{a_1}^*$, диаметр делительной окружности колеса - d_2 , коэффициент коррекции - x , диаметр делительной окружности червяка - d_1 , число модулей в диаметре делительной окружности червяка - q , высоту головки витка червяка, высоту головки зуба колеса - h_{a_2} , высоту зуба червяка - h_1 , высоту зуба колеса, для этого непосредственным замером и подсчетом определяют число зубьев колеса Z_2 , число заходов червяка Z_1 , шаг витков - P , диаметры окружности выступов и внутренние диаметры червяка, межосевое расстояние, наружный диаметр червячного колеса, длину нарезной части червяка - b , угол зацепления α_{ns} .

При измерении шага витков - P целесообразно производить замер на длине нескольких витков, что увеличивает точность измерения и позволяет исключить влияние изношенных витков на результаты измерений.

Часто применяется значение $h_{a_1}^* = \cos \gamma$. Угол γ можно определить пользуясь формулой:

$$\operatorname{tg} \gamma \approx \frac{Z_1}{2 \frac{a'_w}{m} - Z_2}. \quad (4.3)$$

Если $x = 0$, то это уравнение является точным.

2. Для отечественного оборудования следует применять значения q по ГОСТ 2144-76 или ГОСТ 2144-43.

Значения q , полученные в п. 9 округлять нельзя.

Если q получается близким к целому, то надо проверить правильность замеров.

Таблица 4.1 - Формулы распознавания основных параметров червячных передач.

Наименование параметров	Обозн.	Расчётная формула
Модуль	m	$m = \frac{P}{\pi} = 0,3183p$
Радиальный зазор у впадины червяка	c_1	$c_1 = a_{\omega} - \frac{d_{f_1} + d_{a_2}}{2}$ обычно $c_1 = c_2 = 0,2m$
Радиальный зазор у впадины колеса	c_2	$c_2 = a_{\omega} - \frac{d_{a_1} + d_{f_2}}{2}$ для эвольвент $c_1 = c_2 = 0,2m \cos \gamma$
Коэффициент высоты головки зуба	$h_{a_1}^*$	Обычно задается $h_{a_1}^* = 1$, поскольку это значение является наиболее распространенным
Коэффициент высоты головки колеса	$h_{a_2}^*$	$h_a^* = \frac{1}{m} \left(\frac{d_{a_1} + d_{a_2}}{2} - a_{\omega} \right) - h_{a_1}^*$
Диаметр делительной окружности колеса	d_2	$d_2 = Z_2 \cdot m$
Коэффициент коррекции	x	$x = \frac{d_{a_2} - d_2}{2m} - h_{a_2}^* = \frac{a'_{\omega}}{m} - \frac{q + Z_2}{2}$ В большинстве случаев $x = 0$
Диаметр делительной окружности червяка	d_1	$d_1 = 2a'_{\omega} - (d_2 + 2xm)$
Число модулей в диаметре делительной окружности червяка	q	$q = \frac{d_1}{m}$ см. примечание
Высота головки червяка	h_{a_1}	$h_{a_1} = m \cdot h_{a_1}^*$
Высота головки зуба колеса	h_{a_2}	$h_{a_2} = m \cdot (h_{a_2}^* + x)$
Высота зуба червяка	h_1	$h_1 = m \cdot (h_{a_1}^* + h_{a_2}^*) + c_1$
Высота зуба колеса	h_2	$h_2 = m \cdot (h_{a_1}^* + h_{a_2}^*) + c_2$

Примечание:

1. Если полученные результаты не соответствуют результатам измерений, то следует произвести расчет заново, задавшись другим значением $h_{a_1}^*$.

Порядок выполнения работы

1. Произвести замер величин, указанных в п. 2.
2. Произвести соответствующие расчеты в порядке, указанном в таблице 4.1.
3. По полученным результатам выполнить расчет элементов колеса и червяка и составить их эскизы.

Материалы и оборудование

1. Штанген-циркуль 0-125;
2. Микрометрический или штанген-зубомер;
3. Набор долбяков.

Отчет о работе

Отчет о работе должен содержать;

1. Цель работы;
2. Краткое описание работы;
3. Результаты замеров;
4. Эскиз червяка и колеса;
5. Выводы.

Литература

1. Справочник механика машиностроительного завода в 2 томах. Т.1 / под ред. Р.А. Носкина; Я.Н.Бляхер, [и др.] М.: Машиностроение 1971. – 623 с.
2. Детали машин. Расчет и конструирование, справочник в 3-х томах Т.3. / под ред. Н.С.Ачерканова; Б.Н.Беляев [и др.] М.: Машиностроение, 1969. – 471 с.
3. Курсовое проектирование деталей машин: учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / под общей ред. В.Н.Кудрявцева; Ю.А.Держевец [и др.] М.: Машиностроение, 1984. – 400 с.
5. ГОСТ 16530-83. Передатки зубчатые. Общие термины, определения и обозначения. Введ. 01.01.84. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 52 с.
9. ГОСТ 19672-74 (СТСЭВ 267-76). Передатки червячные цилиндрические. Модули и коэффициенты диаметра червяка. Введ. 01.01.76. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 5 с.
10. ГОСТ 2144-76 (СТСЭВ 211-75, СТСЭВ 267-76, СТСЭВ 2820-60). Передатки червячные цилиндрические. Основные параметры. Введ. 01.01.77. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 4 с.
11. ГОСТ 9369-77. Передатки глобоидные. Основные параметры. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 4 с.
12. ГОСТ 19036-94. Основные нормы взаимозаменяемости. Передатки червячные цилиндрические. Исходный червяк и исходный производящий червяк. Введ. 01.01.97. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 8 с.
13. ГОСТ 24438-80. Передатки глобоидные. Исходный червяк и исходный производящий червяк. Введ. 01.01.82. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 9 с.

5 Лабораторная работа №5 Дефектация деталей общего назначения

Цель работы:

Освоение методов дефектации деталей общего назначения

Краткие сведения о дефектации деталей

Дефектация деталей является ответственной операцией технологического процесса ремонта оборудования. Дефектация в конечном итоге оказывает существенное влияние на качество и стоимость ремонта. Она является операцией следующей обычно за разборкой и мойкой деталей.

Сборочные единицы, составные части и детали оборудования, поступающие на дефектацию должны быть чистыми и сухими.

Дефектация обычно проводится на специальном рабочем месте оборудованном необходимыми приборами, стендами, материальным инструментом.

Чтобы исключить субъективность оценок о допустимости и недопустимости дефектов, выявляемых внешним осмотром, технический отдел ремонтного предприятия или ОГМ должны отобрать для основной номенклатуры деталей и сборочных единиц образцы с допустимыми дефектами, утверждаемые начальником ОТК в качестве эталонов. Эталоны должны быть смазаны тонким слоем технического вазелина (только для эталонов из металлов), снабжены соответствующими бирками ОТК. Периодически, раз в шесть месяцев, ОТК должен контролировать состояние эталонов и при необходимости заменять их новыми. Прошедшие дефектацию детали обычно делятся на 3 группы:

- годные без ремонта, при работе в паре с деталью бывшей в эксплуатации;
- годные без ремонта при работе с новой сопряженной деталью;
- требующие ремонта;
- детали, не подлежащие ремонту и непригодные к дальнейшей эксплуатации.

Каждая группа деталей окрашивается несмываемой краской в свой цвет по принятой на предприятии схеме.

При узловом методе ремонта детали, обезличиваются за исключением некоторых деталей. Например, у двигателей и компрессоров не подлежат обезличиванию шатун и его крышка. Не подлежат обезличиванию сепараторы с роликами и кольца роликовых подшипников, конические шестерни. Отдельные сборочные единицы подлежат дефектации совместно с деталями, соединяемыми между собой на неподвижной посадке. В этом случае разборке подлежат изделия, реставрация которых в сборе невозможна.

Основным документом, по которому осуществляется технологический процесс дефектации, является карта дефектации, где указываются возможные дефекты контролируемого изделия, способы их обнаружения и инструмент, допустимые без ремонта величины размеров и дается заключение о возмож-

ности использования детали при превышении допустимого износа. Карта дефектации составляется либо ОТМ предприятия, либо ведущим институтом отрасли.

Требования на дефектацию деталей и сборочных единиц общего назначения

Шестерни

1. Состояние рабочих поверхностей зубьев контролируют осмотром, при этом не допускается:

- изломы, сколы и трещины на поверхности зуба;
- выкрашивание или сыпь на рабочей поверхности зуба;
- ступенчатая по длине выработка рабочей поверхности.

При наличии указанных дефектов шестерни следует браковать.

2. Шестерни постоянно замкнутого зацепления при неравномерном износе зуба по толщине (конусности) более 0,05 мм на длине 10 мм следует браковать.

3. Забоины и заусенцы на рабочих поверхностях шестерен не допускаются. Шестерни с такими дефектами следует ремонтировать.

4. Шестерни, имеющие износ по толщине более допустимой нормы следует браковать или ремонтировать методом ремонтных размеров. Допустимый износ при капитальном ремонте определяется условиями работы машины и составляет до 10% (см. таблицу 5.1) от толщины зуба. Шестерни, подвергнутые закалке ТВЧ или ХТО, допускают износ на глубину не более 80% упроченного слоя. Проверка величины износа осуществляется либо универсальным зубомером либо по шаблону.

Шкивы ременных передач

1. Шкивы ременных передач подлежат выбраковке:

- при наличии трещин в ободке ступице, спицам. Трещины обнаруживают пробой на керосин или дефектоскопией, а также на звук простукиванием;
- при наличии скола ручьев длиной более 20-50 мм, в зависимости от типа ремня.

Цепи приводные роликовые

1. Состояние цепей определяют осмотром и измерением величины их удлинения.

2. Звенья, имеющие трещины, разрушение и деформацию деталей, нарушение посадки (проворачивание валиков и втулок в пластинах) бракуют.

3. Цепи, имеющие более 50 % дефектных звеньев, бракуют.

4. Износ определяют по удлинению 10 звеньев.

За результат измерения принимают полученное не менее чем на трех участках максимальное удлинение. При измерении транспортерных цепей необходимо чтобы в измеряемые участки входило не менее двух специальных звеньев, к которым крепятся несущие органы. При измерении цепь натягивают усилием 300-400 Н.

5. Допустимую величину износа (удлинения) определяют по техническим условиям для данной цепи.

Например, у цепей с шагом 19,05 мм и 38 мм можно принять:

Шаг цепи	19,05 мм	38,0 мм
Длина 10 звеньев допустимая	194 мм	390 мм
Длина звеньев предельная	196 мм	395 мм

Звездочки

1. Состояние звездочек контролируется осмотром, а величину износа зубьев, посадочных поверхностей, шпоночных пазов радиального и торцевого биений венцов измерением.

2. Основными выбраковочными показателями звездочек является износ по толщине зуба, разрушение зуба, износ шпоночного паза.

Болты, шпильки, винты, пробки, гайки, резьба на деталях

1. Поступающие на дефектацию детали с резьбой должны быть чистыми без окалины и коррозии.

2. Состояние резьбы проверяют внешним осмотром и резьбовыми калибрами (пробкой резьбовой ГОСТ 17757-72 кольцом резьбовым ГОСТ 17764-72).

Вмятины, забоины, выкрашивания, вытянутость и срыв более двух ниток резьбы не допускается.

3. Стержни болтов и шпилек не должны иметь изгиба и заметной выработки на головках болтов и гаек не допускается смятие граней и углов. Износ граней для размеров "под ключ" от 5,5 до 10 мм допускается не более 0,25 мм, от 12 до 17 мм не более 0,5 мм, от 13 до 30 мм не более 0,6 мм, от 32 до 50 мм не более 1 мм.

Отверстия для шплинтов в болтах и шпильках не должны быть забиты и заметно увеличены.

4. При дефектации сборочных единиц исправные шпильки вывертывать из детали, не следует. Преходные посадки проверяются постукиванием; если при этом слышен дребезжащий звук следует вывернуть шпильку и восстановить посадку.

5. Гайки, болты, шпильки, пробки и винты, имеющие дефекты, указанные в п. 1 и 2 следует (браковать, а резьбовые отверстия в корпусных деталях ремонтировать).

Шайбы, шайбы пружинные, пластины замковые и стопорные, шплинты

1. Шайбы, шайбы стопорные, пластины, пластины замковые и стопорные при наличии трещин, надломов, глубоких задиров, смятий и деформации отверстий следует браковать.

2. Шайбы пружинные при разводе концов менее полуторной толщины шайбы (нормальный развод равен двойной толщине) и заметном увеличении зазора в стыке следует браковать,

3. Шплинты и шплинтовочная проволока повторному использованию не подлежат.

Цилиндрические штифты и их гнезда

При ослаблении посадки и выпадении из гнезда установочные штифты бракуются, а гнезда ремонтируются и комплектуются вновь изготовленными штифтами ремонтного размера.

Пружины сжатия и растяжения

1. Пружины сжатия и растяжения дефектуют внешним осмотром и измерением. Внешним осмотром проверяют изгиб витков их поломку, наличие трещин. Измерению подвергается упругость пружины на специальном приборе ЛМН-10.

2. Поломка витков, трещины не допускаются.

3. При сжатии или растяжении нагрузкой оговоренной в технических условиях, на величину большую допустимое прожиму следует браковать.

4. Допускается неперпендикулярность опорных торцов пружин сжатая к ее оси не более 3 мм на длине 100 мм, и неравномерность шага витков пружины не более 20 %.

Трубопроводы, ниппеля, штуцера, угольники

1. Внутренние и наружные поверхности трубопроводов систем смазки машин и систем питания двигателей должны быть чистыми. На их поверхностях не допускаются асфальто-смолистые отложения, окалины, ржавчина. На поверхностях трубопроводов горячей воды и пара не допускается отложение солей и накипи.

2. Овальность в местах изгиба и вмятины на, стенках допускаются не более: при диаметре трубы от 6 до 10 мм - 2 мм, от 10 до 20 мм - 3 мм, от 20 до 40 мм - 4 мм, более 40 мм - 5 мм.

3. Трубопроводы подлежат испытанию на герметичность номинальным давлением в сети сжатым воздухом в воде. Появление пузырьков воздуха не допускается.

4. Ниппеля, должны свободно перемещаться по трубопроводу. Срыв резьбы на ниппеле более одной нитки и смятие граней не допускаются. На уплотняющих поверхностях трубопроводов (конуса, штуцера) не допускаются задиры, заусенцы, вмятины и деформация конуса. При наличии указанных дефектов трубопроводы подлежат ремонту.

5. Стяжные хомутики подлежат выбраковке при наличии на стяжной ленте трещин надрывов и неравномерной вытянутости ленты по ширине. Уплотнительные металлические кольца штуцеров при капитальном ремонте подлежат 100 % выбраковке.

Уплотнения

1. Все резиновые армированные манжеты, сальники, кольца, водочные уплотнения, картонные, поранитовые и резиновые прокладки подлежат при капитальном ремонте замене.

Примечание: На несоответственном оборудовании допускается повторное использование самоподжимных уплотнений, не имеющих рисков и заусенцев на рабочих кромках, соприкасающихся с валом, и обрывов и повреждений пружин. Там же допускается использовать повторно паронитовые прокладки, не имеющие перегибов и разрывов.

Клиновые ремни

1. Состояние клиновых ремней проверяют осмотром.

2. Не допускается на боковых (рабочих) поверхностях складок, трещин, выпуклостей, срывов резины, торчащих ниток и расслоения, трещин на поверхностях верхнего и нижнего оснований. При наличии указанных дефектов ремни подлежат выбраковке.

Порядок выполнения работы

1. Подучить 3-5 деталей.

2. Установить назначение детали.

3. В соответствии с рекомендациями раздела 2 методических указаний определить, характер износа деталей.

4. Заполнить карту дефектации.

5. При дефектации зубчатых колес по чертежу или расчетом определить толщину колеса на высоте равной модулю.

Величину допустимого износа определить по таблице 2.

6. Составить отчет по работе, который должен включать:

- цель работы;
- назначение и условия работы деталей;
- карту дефектации и ведомость дефектов;
- выводы по работе.

Материалы и инструмент

- приборы для контроля линейных размеров;
- резьбовые калибры-пробки;
- резьбовые калибры-кольца;
- зубомер;
- лупа 10^x;
- прибор для контроля пружин.

Таблица 5.1 - Допустимый износ шестерен.

Режим работы	Скорость, м/с	Максимальный предельный износ в %к толщине зуба на высоте модуля при ремонтах		
		малом	среднем	капитальном
Передача мощности в 1-м направлении без ударной нагрузки	до 2	20	15	10
	2-5	15	10	8
	свыше 5	10	7	5
Передача реверсивная при ударной нагрузке	до 2	15	10	5
	2-5	10	5	5

Таблица 5.2 - Форма карты дефектации.

Наименование и обозначение контролируемой детали (сборочной единицы) и её эскиз	Контролируемый дефект		Размеры, мм			Способы и средства контроля		Заклю-чение
	№ позиции на износе	наименование	по чертежу	допустимые сопряжения с деталями		наименование	обозначения или погрешность измерения	
				бывшими в экспл.	новыми			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Примечания: 1. Для чугунных зубчатых колес приведенные с таблице данные уменьшить на 30 %.

2. Для технологического оборудования хлебоприемных и хлебоперерабатывающих предприятий допустимый износ при текущем ремонте определяется как полусумма износа при среднем и малом ремонте.

Литература

1. Основы монтажа, эксплуатации и ремонта технологического оборудования: учеб. пособие для вузов / Л.И. Котляр.- 2-е изд., переработ. и доп. - М. : Колос, 1977. - 272 с.

2. Технические требования на капитальный ремонт. М.: ГОСНИТИ, 1980, 1986.

6 Лабораторная работа №6 Дефектация подшипников качения

Цель работы:

Практическое освоение методов определения износа подшипников качения.

Общие сведения о подшипниках качения и их дефектации

Подшипник качения, как правило, представляет собой отдельный узел, состоящий из наружного и внутреннего колец, тел качения, расположенных между кольцами и сепаратором разделяющего и удерживающего эти тела в определенном положении.

Все конструктивные разновидности подшипников классифицируются; в соответствии с ГОСТ 3395-89 по следующим основным признакам: по направлению действия воспринимаемой нагрузки - радиальные, упорные, радиально-упорные и упорно-радиальные; по форме тел качения - шариковые и роликовые; по числу рядов тел качения - однорядные, двухрядные, четырехрядные и многорядные; по основным конструктивным признакам - самоустанавливающиеся и несамоустанавливающиеся, с цилиндрическим или конусным отверстием внутреннего кольца, одинарные или двойные, сдвоенные, строенные и др.

Подшипники качения различаются так же по точности их изготовления ГОСТ 520-2002 устанавливает 5 степеней точности: 0, 6, 5, 4 и 2. Точность подшипников качения определяется точностью посадочных размеров колец и их ширины или (для радиально-упорных) монтажной высоты и точностью вращения колец. Показатель точности вращения, характеризуемый радиальным и осевым биением, имеет особенно важное значение для вращающегося кольца, т. к. его биение передается на связанные с ним детали узла, вызывая нежелательные последствия: динамические нагрузки, вибрацию, шум и др.

В большинстве конструкций машин пищевых и химических производств применяют подшипники нормального класса точности 0. Применение подшипников более высоких классов точности ограничено их большой стоимостью, например, для подшипников с диаметром внутреннего кольца порядка 50-80 мм относительная стоимость в зависимости от класса точности составляет:

класс точности	0	6	5	4	2
радиальное биения, мкм	20	10	5	3	2,5
относительная стоимость	1	1,3	2	4	10

Числа означающие класс точности подшипников 6, 5, 4, 2 указываются перед условным обозначением подшипника и отделяются от него тире. Цифра 0 не ищется.

Качество подшипников должно соответствовать ГОСТ 520-2002, а в особых случаях специальным дополнительным условиям.

Перед осмотром подшипников, их промывают без нагрева в бензине с добавлением 6...8 % минерального масла (веретенного). При сильном загрязнении подшипники предварительно промывают в ванне с маслом при температуре порядка 90 °С.

Для удаления коррозии подшипник после тщательного промывания в бензине протирают сукном, смоченным в смеси минерального масла и окиси хрома. Допускается чистка поверхности подшипников от коррозии - (кроме тел вращения) шлифшкуркой с последующей зачисткой пастой ГОИ.

Ремонт подшипников производят только на специализированных заводах. Без отправки на эти заводы может быть выполнен только простейший ремонт подшипников, а именно восстановление посадочных мест нанесением полимеров, клея или хромированием, осадка сепараторов на прессе, комплектация подшипников из однотипных изношенных деталей. В этом случае за основную деталь принимают внутреннее кольцо. Контроль за обязательным осуществлением ремонта, предусмотренного техусловиями, непосредственно на предприятиях пищевой и химической промышленности осуществляют лаборатории комитета стандартов.

Контроль подшипников качения производится как визуально, так и с помощью замеров.

Наружным осмотром (при необходимости и с помощью лупы) проводится тщательная проверка колец, беговых дорожек, шариков и роликов. При наличии трещин, цветов побежалости, следов защемления, выкрашивания, отслаивания, шелушения, раковин, а также царапин или глубоких рисок на беговых дорожках, шариках или роликах, надломов и сквозных трещин на сепараторе подшипники выбраковываются. При отсутствии указанных неисправностей шарикоподшипники проверяются на легкость вращения от руки. При вращении от руки подшипник должен иметь ровный ход, без заедания, и небольшой шум.

Подшипники, годные по проверке на легкость вращения и осевой шум, подвергаются контролю на величину радиального и осевого зазора, для этого внутреннее кольцо подшипников закрепляют в приспособлении, а к наружному подводят наконечник индикатора или миниметра, закрепленного на стойке. Перемещая наружное кольцо в направлении индикатора и обратно определяют, величину радиального зазора по максимальному отклонению стрелки. Радиальный зазор проверяют в 4-х точках, поворачивая наружное кольцо при каждом измерении на 90°. данные о нормативных зазорах в подшипниках, наиболее распространенных в химической и пищевой отраслях промышленности приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Нормативные радиальные зазоры в подшипниках, мкм [1].

Внутренний диаметр подшипника	Вид подшипника		
	Шарикоподшипник од- норядный	Роликоподшипники	
		Радиальные	Сферические с цилиндр. отвер- стием
Свыше 10 до 18	8-22	-	-
18-30	10-24	15-45	-
30-40	12-26	20-55	-
40-50	12-29	20-55	30-45
50-65	13-33	25-65	30-40
65-80	14-34	30-70	40-60
80-100	16-40	35-80	45-70
100-120	20-46	40-90	50-80
120-140	23-53	45-100	60-90

Допускаемая величина зазора, при установке на машину при текущем ремонте составляет $[\delta]_{тек} = (8...10)\delta_{таб}$, а при капитальном $[\delta]_{кан} = (2...3)\delta_{таб}$, где $\delta_{таб}$ следует принять из таблицы 1.

Наружный диаметр подшипника определяют только при наличии следов износа с помощью микрометров или пассаметров, а внутренний с помощью индикаторных нутрометров.

Высоту конических подшипников удобнее определять с помощью микрометрического или штанген-глубиномера.

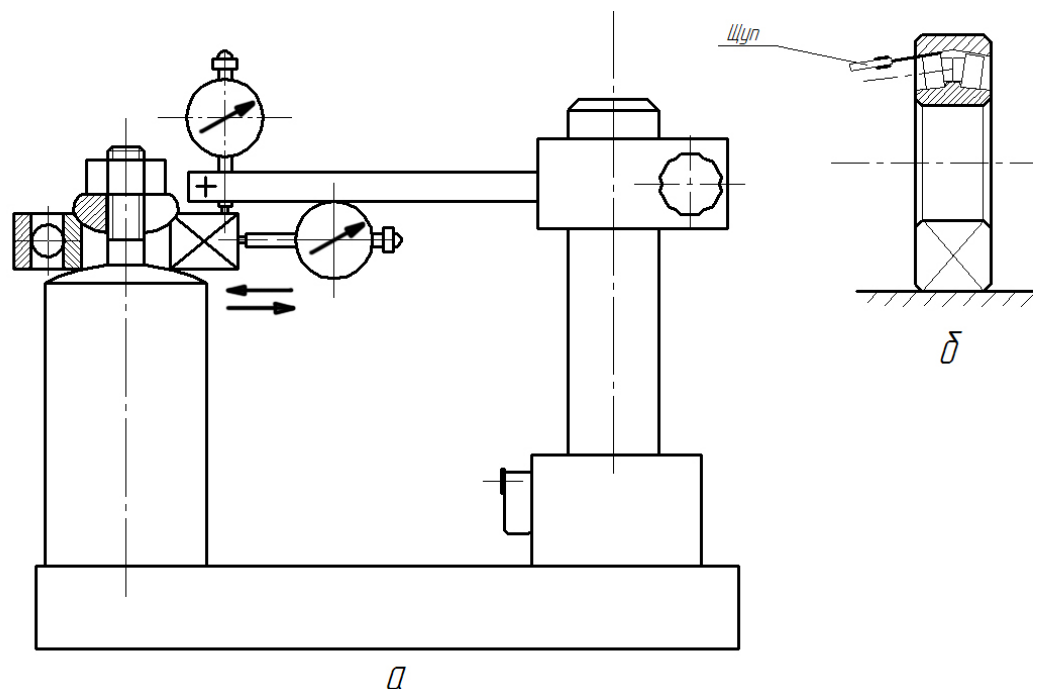


Рисунок 6.1 - Схема определения величины зазора в подшипниках а) шариковых; б) роликовых.

При этом расчет ведут в следующей последовательности:

– определяют допустимый и предельные износы сопряжения колец подшипников качения с валами и корпусами $IS_{\text{доп}}$ и $IS_{\text{пр}}$ по следующим формулам:

для посадки с натягом

$$IS_{\text{доп}}=0,1D+1,8T_{\text{СК}}-5,0 \quad (6.1)$$

$$IS_{\text{пр}}=35+1,8T_{\text{СК}}+0,6D \quad (6.2)$$

для переходной посадки

$$IS_{\text{доп}}=10+0,1D+1,5T_{\text{СК}} \quad (6.3)$$

$$IS_{\text{пр}}=60+0,1D+2,4T_{\text{СК}} \quad (6.4)$$

для посадки с зазором

$$IS_{\text{доп}}=0,1D+1,8T_{\text{СК}}-10 \quad (6.5)$$

$$IS_{\text{пр}}=15+0,1D+4,0T_{\text{СК}} \quad (6.6)$$

где D – диаметр кольца подшипника, мм,

$T_{\text{СК}}$ – допуск сопряжения

$$T_{\text{СК}}=T_d+T_D, \quad (6.7)$$

T_d – допуск на изготовление вала,

T_D – допуск на изготовление отверстия.

– определяют допустимый и предельные размеры посадочных мест обойм подшипника:

для внутреннего кольца, предназначенного для работы со сменяемым валом

$$D_{\text{доп}}=D_{\text{min}}+IS_{\text{доп}} \quad (6.8)$$

$$D_{\text{пр}}=D_{\text{min}}+IS_{\text{пр}} \quad (6.9)$$

то же, но для работы с валом, бывшим в эксплуатации

$$D_{\text{доп}}=D_{\text{min}}+0,3IS_{\text{доп}} \quad (6.10)$$

$$D_{\text{пр}}=D_{\text{min}}+0,3IS_{\text{пр}} \quad (6.11)$$

для наружных колец подшипников, предназначенных для работы со сменяемым (новым) корпусом

$$d_{\text{доп}}=d_{\text{max}}-IS_{\text{доп}} \quad (6.12)$$

$$d_{\text{пр}}=d_{\text{max}}-IS_{\text{пр}} \quad (6.13)$$

то же, но для работы с корпусом, бывшим в эксплуатации

$$d_{\text{доп}}=d_{\text{max}}-0,3IS_{\text{доп}} \quad (6.14)$$

$$d_{\text{пр}}=d_{\text{max}}-0,3IS_{\text{пр}} \quad (6.15)$$

В формулах (6.1) – (6.15):

D_{min} – минимальный размер отверстия внутреннего кольца подшипника в соответствии со стандартом,

d_{max} – максимальный диаметр наружного кольца подшипника в соответствии со стандартом.

Отклонение колец подшипников от номинальных размеров приведенных в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Предельное отклонение колец подшипников класса точности 0, мкм, [2].

Интервалы диаметров подшипников	Тип подшипника	
	шариковые и роликовые радиальные и шариковые радиально-упорные	роликовые конические
Свыше 10 до 18	-8	-3
18-30	-10	-10
30-50	-12	-12
50-80	-15	-15
80-120	-20	-20
120-180	-25	-25
180-250	-30	-30

Порядок выполнения работы

Произвести визуальный осмотр подшипника.

Проверить подшипник на плавность вращения и отсутствие повышенного шума при вращении.

Произвести замеры наружного и внутреннего диаметров подшипника и его ширины. (Пределы изменения ширины конических подшипников приведены в каталогах).

Результаты визуального наблюдения, проверки на плавность вращения и результаты замеров занести в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 - Результаты проверки качества подшипников.

№№ п/п	Тип подшипника	№№ по стандарту, класс точности	Заключение о пригодности подшипника в эксплуатацию		
			По результатам визуального наблюдения	По результатам проверки на плавность вращения и бесшумность работы	По результатам измерений

Отчет по работе

должен включать:

- краткое изложение сведений о подшипниках качения и их дефектации;
- таблицу результатов проверки качества подшипников;
- выводы по работе.

Материалы и инструмент

При выполнении работы используется:

- приспособление для замера радиальных зазоров;
- штанген-глубиномер или микрометрический глубиномер;

- набор микрометров;
- индикаторные нутромеры;
- щуп.

Литература

1. Курсовое проектирование деталей машин. Справочное пособие. В 2-х частях. Ч 2 / А.В.Кузьмин, Н.Н.Макейчик [и др.] Минск: Высшая школа. 1982. - 334с.
2. Справочник механика машиностроительного завода в 2 томах. Т.1 / под ред. Р.А. Носкина; Я.Н.Бляхер, [и др.] М.: Машиностроение 1971. – 623 с..

7 Лабораторная работа №7 Ремонт шнеков и изготовление их витков

Цель работы:

Ознакомление с технологией ремонта шнеков, технологией изготовления витков шнеков, получение навыков в проектировании заготовок витков и изготовлений лопастей.

Основные сведения о технологии ремонта шнеков, изготовлении спирали шнеков и проектировании заготовок витков

Технология ремонта шнеков:

Основной причиной выхода из строя шнеков является износ наружной кромки спирали шнеков. При уменьшении высоты витка на 5-6 мм при диаметре 150-400 мм для сыпучих материалов шнек подлежит ремонту или выбраковке. Ремонт валов шнеков осуществляют наваркой полосы шириной 25-30 мм или проволоки диаметром 5-6 мм на изношенную кромку. Такой ремонт приводит к некоторому повышению сопротивления вращению вала, но позволяет еще длительное время эксплуатировать машину.

Изготовление спиралей шнеков:

В крупносерийном производстве спирали шнеков изготавливаются методом горячей прокатки между двумя коническими валками. Лента, нагретая до температуры 1213-1233 К (940 - 960 °С) пропускается между коническими валками и свивается в спираль (одна сторона ее становится тоньше и длиннее другой), а затем рубится на отрезки требуемой длины. Полученная спиральная лента одевается на вал шнека, и приваривается одним концом. Затем на заданном расстоянии приваривается другой конец спирали, После правки спирали с целью получения равномерного шага ее приваривают к валу прерывистым швом по всей длине. Применяется так же автоматическая сварка. После сварки шнек правится.

Преимуществами этого способа изготовления спирали шнеков является:

- стабильный технологический процесс, обеспечивающий постоянное качество изделий;

- высокий коэффициент использования металла.

Недостатком процесса является то, что сечение спирали шнека имеет форму трапеции с узким основанием у наружного диаметра - места наиболее интенсивного износа.

В том случае, когда спираль шнека представляет из себя узкую ленту, особенно при большом внутреннем диаметре целесообразно получать ее навивкой из полосы. В этом случае возможна как навивка спирали сразу с получением заданного чертежом шага, так и навивка с плотной укладкой витков друг к другу и последующей вытяжкой по шагу непосредственно на валу шнека. Навивку спирали в обоих случаях производят на токарном станке.

При этом обеспечивается высокая производительность и высокий коэффициент использования металла.

Существенным недостатком этих способов является то, что в результате недостаточной пластичности металла при холодном деформировании возможно образование надрыва ленты по наружному диаметру и гофр по внутреннему. Последние при навивке спирали с укладкой витков друг к другу могут быть устранены частично нагревом спирали до температуры 1213-1233 К (940 - 960 °С) и проковке на молоте ударами бойка по торцевой поверхности навитого пакета. Для предотвращения образования надрывов на наружном диаметре спирали следует для навивки использовать только прокатанную полосу, и избегать применения полосы, полученной механической резкой листа. Предварительный отжиг также в значительной степени уменьшает вероятность образования надрывов наружных кромок спирали.

При изготовлении спиралей с большой высотой в мелкосерийном производстве и ремонте шнеков в основном пользуются кольцевой заготовкой, которую изгибают по винтовой поверхности на специальном штампе или растягивают после приварки заготовок витков между собой с помощью лебедки. Для повышения устойчивости в последнем случае, кольцевые заготовки, целесообразно предварительно деформировать по радиусу, как это показано на рисунке 7.1.

Расчет заготовок витков шнеков: в связи с тем, что винтовая поверхность не может быть развернута в плоскость, известны только приближенные развертки витка шнеков.

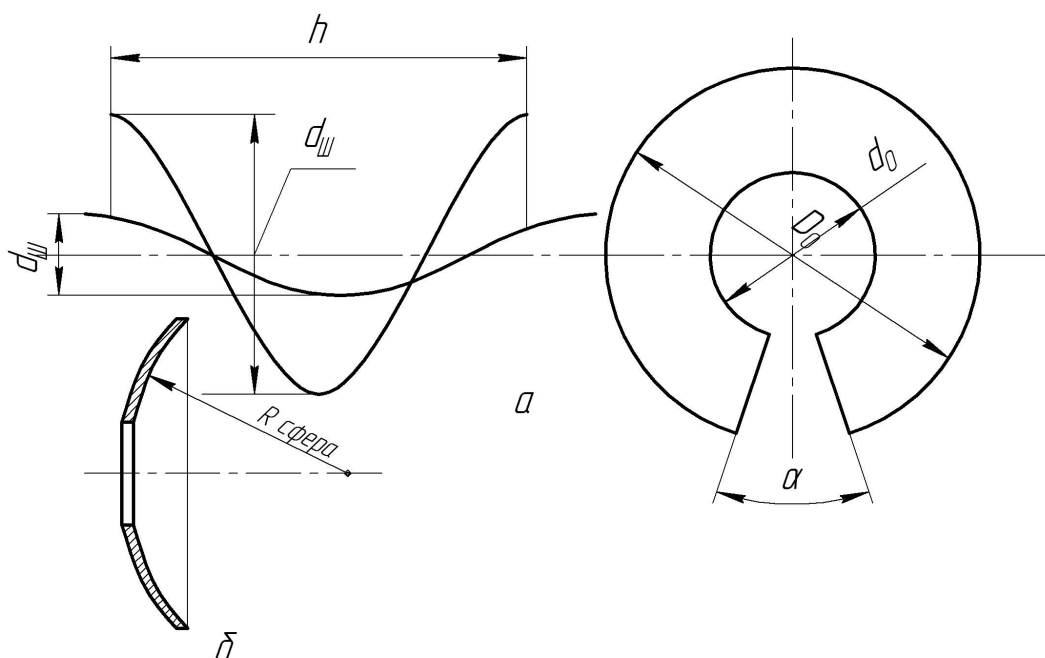


Рисунок 7.1 – Заготовка витка шнека:

- а – штамповка витка шнека и его заготовка по (7.1-7.3);
- б – сечение заготовки для растяжения на валу

В литературе [1], [2] и др. приводится развертка витка шнека в виде кольца с «выкусом», представляющий треугольный сектор с центральным углом α . Внутренний и наружный диаметры заготовки d_o и D_o , а также угол выкуса α определяют через соответствующие диаметру шнека $d_{ш}$ и $D_{ш}$ и его шаг h по следующим выражениям:

$$d_o = \frac{D_{ш} - d_{ш}}{L/l - 1}. \quad (7.1)$$

$$D_o = \frac{D_{ш} - d_{ш}}{1 - L/l}. \quad (7.2)$$

$$\alpha = 360(1 - L/\pi \cdot D_o). \quad (7.3)$$

где

$$L = \sqrt{h^2 + (\pi \cdot D_{ш})^2}. \quad (7.4)$$

$$l = \sqrt{h^2 + (\pi \cdot d_{ш})^2}. \quad (7.5)$$

Как показала практика, применение этих формул дает несколько завышенные значения диаметров заготовок, что осложняет приварку спирали к валу. Поэтому на ряде предприятий параметры заготовок определяют следующим образом:

$$d_o = l/\pi. \quad (7.6)$$

$$D_o = d_o + (D_{ш} - d_{ш}). \quad (7.7)$$

Размеры «выкуса» и его форму определяют замером на 2 ÷ 3 опытных витках. По выражениям (7.6) и (7.7) значения d_o и D_o получаются несколько заниженными. Однако в связи с тем, что штамповку витков производят в горячую на оправке диаметра $d_{ш}$, то за счет соответствующей пластической деформации получают виток шнека, плотно прилегающий к валу.

Порядок выполнения работы

- произвести расчет заготовки шнека по следующим исходным данным:

$D_{ш} = 80 \text{ мм}$, $d_{ш} = 19 \text{ мм}$, $h = 64 \text{ мм}$ (модель шнека $\varnothing 400 \text{ мм}$ в 1/5 натуральной величины);

- для заготовки соответствующей расчёту, выполненному по выражениям (7.1) - (7.3) разметить "выкус" и вырезать его на ручных ножницах по металлу;

- на заготовках, соответствующих расчёту по выражениям (7.6) и (7.7) нанести от наружного диаметра концентрические риски длиной 50 мм и ша-

гом 3-5 мм. Разрезать виток по радиусу, так чтобы место реза приходилось посередине рисок;

- произвести штамповку витков;
- проверить качество прилегания витков к валу и между собой;
- замерить величину «выкуса» на витках и выполнить эскиз заготовки.

Составить отчет по работе, который должен включать:

- цель работы;
- краткие сведения о технологии получения витков шнеков;
- расчет заготовок витков;
- эскиз витка с «выкусом», полученным в результате замера;
- выводы по работе.

Материалы и инструменты:

- штамп для получения витка шнека;
- кольцевые заготовки витков шнека;
- штангенциркуль;
- призмы;
- рейсмус;
- поверочная плита;
- ножницы по металлу.

Литература

1. Основы монтажа, эксплуатации и ремонта технологического оборудования: учеб. пособие для вузов / Л.И. Котляр, 2-е изд., переработ. и доп. - М. : Колос, 1977. - 272 с.

2. Конструирование технологических машин пищевых производств / С.В.Харламов - Л.: Машиностроение, 1979. – 224 с.

8 Лабораторная работа №8 Ремонт зубчатых колес методом ремонтных размеров

Цель работы:

Научиться выполнять расчет зубчатых колес для ремонта зубчатой пары способом ремонтных размеров.

Сведения о ремонте зубчатых колес способом ремонтных размеров

Основными дефектами зубчатых колес, получаемыми ими в процессе эксплуатации является износ и выкрашивание рабочих поверхностей зуба конусность зубьев по длине.

При износе зубьев превышающем 10-12 % от толщины зуба, выкрашивании свыше 15 % площади зубьев и конусности более 0,03...0,05 мм на длине 10 мм шестерни подлежат выбраковке.

Однако зубчатые передачи с большим передаточным отношением при наличии дефектов, названных выше, можно ремонтировать путем прорезки зубьев колеса и изготовления новой шестерни. Для этой цели колесо обтачивают или шлифуют поверху, а затем прорезают зубья на зуборезном или зубошлифовальном станке, работающем способом обкатки.

Если расстояние между осями можно регулировать, то задача сводится к тому, чтобы определить на какую глубину можно углубить зубья колеса, не нарушая качество зацепления. Для этого служит номограмма, приведенная на рисунке 8.1. Параметры шестерни остаются такими же за исключением небольшого уменьшения наружного диаметра на величину "Обратного сдвига".

При ремонте передач, у которых расстояние между осями не регулируется, можно применять только высотную коррекцию. В этом случае пределом, ограничивающим величину коррекции может быть не только предел допустимой отрицательной коррекции колеса; но и предел положительной коррекции шестерни определяемый заострением ее зубьев. В этом случае необходимо принять минимальные по абсолютной величине коэффициент коррекции пары.

Для косозубых колес возможно использование графика помещенного на рисунке 8.1 путем замены числа зубьев шестерни и колеса на эквивалентное число зубьев, вычисляемое по формуле:

$$Z_v = \frac{Z}{\cos^3 \beta} \quad (8.1)$$

$$X_v = \frac{X}{\cos \beta} \quad (8.2)$$

где Z - число зубьев шестерни или колеса;

Z_v - эквивалентное число зубьев;

β - угол наклона зубьев;

X_v - эквивалентный коэффициент смещения;

X - табличное значение коэффициента при $\beta = 0$.

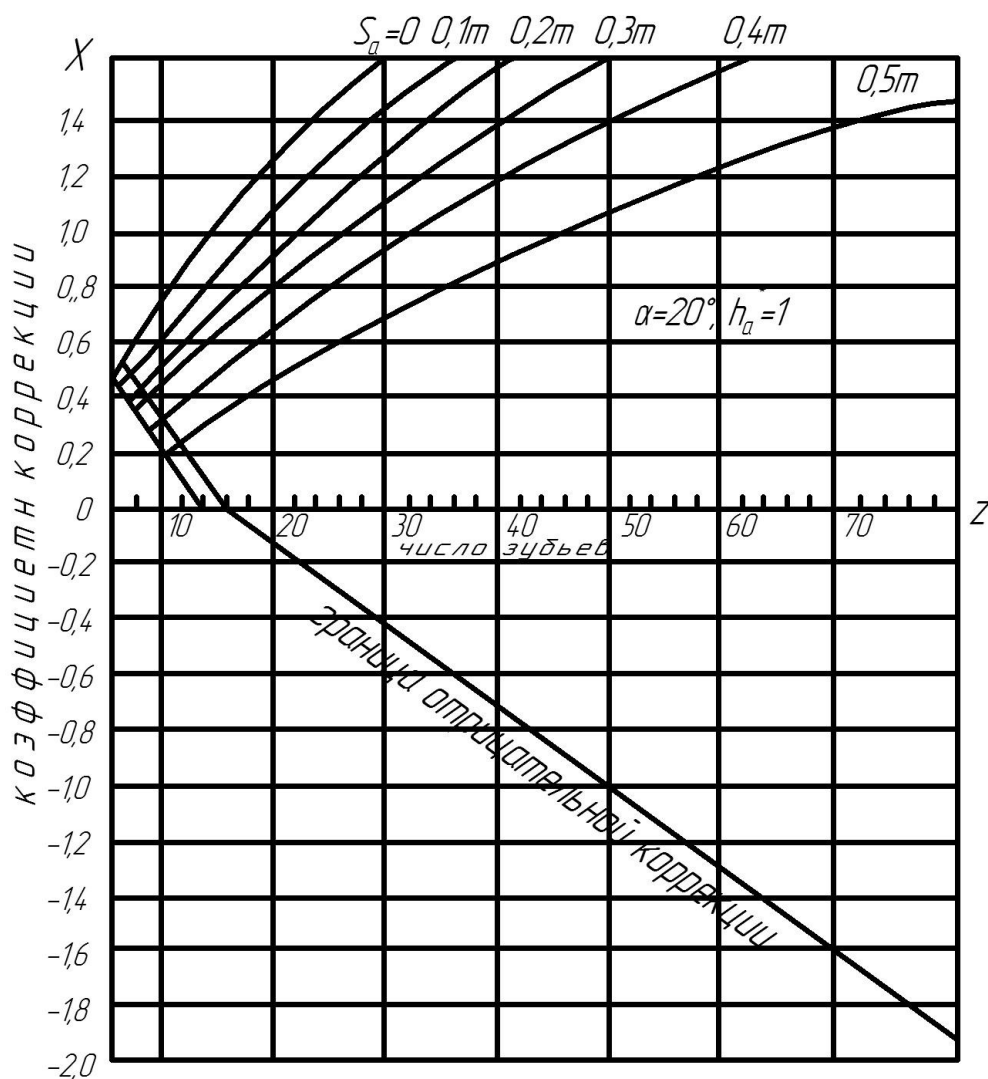


Рисунок 8.1 – Диаграмма для выбора коэффициента смещения зубчатых передач: линия а – граница подреза; б – граница допустимого подреза.

Порядок выполнения работы:

- определить по данным таблиц П2, П3 величину припуска на механическую обработку, необходимую для удаления дефектного слоя - $\delta_{прп}$;
- определить величину половины предельного износа зуба на диаметре делительной окружности $\delta_{изн}$ по формуле:

$$\delta_{изн} = 100 + 29,5S + 1,15T_s, \tag{8.3}$$

где S - номинальная толщина зуба, мм.

$$S = \frac{\pi \cdot m}{2}, \tag{8.4}$$

m - нормальный модуль, мм;

T_s - допуск на толщину зуба, мкм.

Предельный износ зуба в учебных целях может быть ориентировочно принят по данным таблицы П1 и рассчитан по формуле:

$$\delta_{изн} = \frac{K}{100} \cdot \frac{\pi \cdot m}{4}, \quad (8.5)$$

где K - допустимый износ зуба в % от толщины;

- определить величину межремонтного интервала по коэффициенту смещения - ΔX

$$\Delta X = \frac{\delta_{прп} + \delta_{изн}}{m \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \quad (8.6)$$

где ΔX - межремонтный интервал по коэффициенту смещения;

α - угол профиля зуба производящей рейки.

- по рисунку 1 определить допустимую величину коэффициента смещения инструмента для шестерни и колеса, приняв $Sa = 0,3m$.

- для колес с нерегулируемым расстоянием между осями принять:

$$X_1 = -X_2 = |X_{мин}|, \quad (8.7)$$

где X_1 - коэффициент смещения исходного контура шестерни;

X_2 - коэффициент смещения исходного контура для колеса;

$|X_{мин}|$ - абсолютное значение минимальной величины коэффициента смещения полученной для колеса и шестерни по графику (рисунок 8.1).

- определить число ремонтных размеров:

$$n = \frac{|X_{мин}|}{\Delta X}. \quad (8.8)$$

- округлить число ремонтных размеров до ближайшего меньшего целого числа n ;

- определить коэффициенты смещения исходного контура для каждого ремонтного размера:

$$X_N = N \cdot \Delta X, \quad (8.9)$$

где X_N - коэффициент смещения исходного контура при ремонте:

N - номер ремонта.

- определить наружные диаметры колеса d_a по выражению:

$$d_a = m \cdot Z + 2m \cdot (X_N + 1). \quad (8.10)$$

- определить измерительные размеры зуба колеса и шестерни:

$$S_{xn} = m \cdot \left(\frac{\pi}{2} \cos^2 2\alpha + X_N \sin 2\alpha \right). \quad (8.11)$$

$$h_x = \frac{1}{2} \left[(d_a - d) - m \left(\frac{\pi}{8} \sin 2\alpha + X_N \sin^2 \alpha \right) \right], \quad (8.12)$$

где S_{xn} и h_{xn} - толщина зуба по постоянной хорде и расстояние от вершины зуба до постоянной хорды;

- результаты расчетов свести в таблицу:

Таблица 8.1

Номер ремонтного р-ра	Коэффициент смещения	Размеры колеса			Размеры шестерни		
		d_{a2}	S_{x2}	h_{x2}	d_{a1}	S_{x1}	h_{x1}
До ремонта	0						
1							
2							
N							

- выполнить рабочий чертеж колес.

Примечание: При изменяемых расстояниях между осями колес следует применять угловую коррекцию. При этом величина исходного контура шестерни и колеса не равны между собой по абсолютной величине. В этом случае расчёт аналогичный изложенному должен быть выполнен отдельно для шестерни и колеса. Порядок расчёт следует применять по указаниям, изложенным в литературе [1], [2] и др.

Задание

Выполнить расчёт зубчатой пары ремонтируемой методом ремонтных размеров, если известны её модуль m , число зубьев шестерни и колеса и предельный износ в процентах - κ .

Расстояние между осями не регулируется.

Таблица 8.2

№№ вари- анта	m	Z_1	Z_2	κ , %	Вид чистовой обработке
1	3	20	80	12	фрезерование
2	5	21	75	10	долбление
3	10	25	100	10	фрезерование
4	4	20	60	8	шлифование
5	6	30	80	10	долбление, шевингование
6	2,5	18	60	10	долбление
7	8	20	40	12	фрезерование, шевингование
8	1,5	20	100	8	шлифование
9	2	40	80	10	долбление
10	3,5	45	120	12	фрезерование
11	4	22	140	-	долбление, шевингование
12	8	20	90	-	шлифование
13	6	25	105	-	фрезерование, шевингование

Величину износа зуба не оговоренную в задании принять по данным таблицы 8.1, или с разрешения преподавателя 8.3

Таблица 8.3 - Допустимый износ зубьев шестерни.

Режим работы	Скорость, м/с	Максимально-предельный износ в % к толщине зуба на высоте модуля при ремонтах		
		Малом	среднем	капитальном
Передача мощности в 1-м направлении без ударной нагрузки	до 2	20	15	10
	2-5	15	10	8
	свыше 5	10	7	5
Передача реверсивная при ударной нагрузке	до 2	15	10	5
	2-5	10	5	6

Примечание:

1. Для чугунных зубчатых колес приведенные в таблице данные уменьшить на 30%.

2. Для технологического оборудования хлебоприемных и хлебоперерабатывающих предприятий допустимый износ при текущем ремонте определяется как полусумма износа при среднем и малом ремонте.

Таблица 8.4 - Припуски на толщину зуба $2\delta_{пр}$ для снятия дефектного слоя при различных видах механической обработки

Вид обработки	Припуск на снятие дефектного слоя на толщину зуба в мм при модуле								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Зубошлифование	0,15	0,20	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,40
Фрезерование, долбление, строгание	0,25	0,40	0,50	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,70
Шевингование	0,05	0,07	0,10	0,10	0,12	0,12	0,15	0,15	0,15

Литература

1. Справочник механика машиностроительного завода в 2 томах. Т.1 / под ред. Р.А. Носкина; Я.Н.Бляхер, [и др.] М.: Машиностроение 1971. – 623 с.
2. Зубчатые передачи: справочник / под общей редакцией Е.Г.Гинзбурга; Е.Г.Гинзбург, [и др.] Л.: Машиностроение 1980. – 416 с.
3. ГОСТ 16530-83. Передачи зубчатые. Общие термины, определения и обозначения. Введ. 01.01.84. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 52 с.
4. ГОСТ 16531-83 Передачи зубчатые цилиндрические. Термины, определения и обозначения. Введ. 01.01.84. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 31 с.
5. ГОСТ 16532-70. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии. Введ. 01.01.72. – М.: Изд-во стандартов, 1970. – 44 с.

9 Лабораторная работа №9 Восстановление сопряжения деталей с помощью герметика 6Ф

Цель работы:

Научиться восстанавливать сопряженные размеры деталей с помощью герметика 6Ф ТУ6-05-214-724-79.

Сведения о методах восстановления деталей с помощью герметика 6Ф

Полимерные материалы широко используются в пищевой и химической промышленности при ремонте технологического оборудования. Это позволяет экономить цветные металлы, легированные и конструкционные стали, чугун; резко повышает производительность труда при выполнении ремонтных работ, обеспечивает их высокое качество.

Технология восстановления размеров сопрягаемых деталей с помощью герметика 6Ф разработана кафедрой ремонта и надежности машин Московского Ордена Трудового красного Знамени института инженеров сельскохозяйственного производства имени академика В.П. Горячкина.

Технология прошла успешную апробацию, например, в мастерских Оренбургского районного объединения сельхозтехники при восстановлении тяжело нагруженных деталей шасси тракторов и, по мнению специалистов предприятия, ей обеспечено будущее в ремонтном деле.

Ниже дано описание технологического процесса восстановления размеров неподвижных сопряжений в соответствии с документацией разработанной в МИИСХП им. В.П. Горячкина.

Технологический процесс укрупнено может быть представлен следующими операциями:

- 1) получение раствора герметика 6Ф в ацетоне требуемой консистенции;
- 2) подготовка детали к нанесению герметика;
- 3) нанесение герметика на изношенные места;
- 4) сушка и полимеризация герметика на детали.

После выполнения каждой из операций осуществляется контроль.

В соответствии с ТУ 6-05-214-724-79 герметик поставляется в виде листов толщиной 2-3 мм, которые перед растворением нарезаются, в виде квадратных кусочков со стороной около 10-15 мм. Растворение герметика ведут в ацетоне (ГОСТ 2603-79*) в герметически закрываемой посуде при отношении герметика к растворителю 20:100 (по массе). Растворение ведут 10-12 часов, при этом емкость периодически взбалтывают. По окончании растворения герметика производится отстаивание, а затем проверка вязкости раствора вискозиметром ВЗ-4 (ГОСТ 8420-74). При 20°С условная вязкость должна быть в пределах 19-20°.

Подготовка детали к нанесению герметика заключается в ее очистке от грязи, ржавчины, обезжиривании ацетоном.

Нанесение герметика осуществляется кистью или окунанием. Толщина одного слоя при нанесении кистью №10 и №14 соответствует 0,014 и 0,018 мм. При этом сначала наносится 1 слой, после выдержки при комнатной температуре еще один слой и т.д. до получения необходимой толщины покрытия.

Полимеризацию (термообработку) нанесенного слоя герметика осуществляют в термопечи или шкафу при температуре 430 °К (160 °С) в течение 3-х часов.

Толщину слоя следует выбирать исходя из назначения восстанавливаемых деталей. Например, в соединении корпус-наружное кольцо подшипника должен быть обеспечен натяг, 0...0,02 мм а в соединении вал-внутренне кольцо подшипника качения натяг 0...0,04 мм. Для снижения усилия запресовки сопрягаемые поверхности перед сборкой рекомендуется смазывать консистентной смазкой.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с технологическим процессом получения раствора герметика 6Ф в ацетоне и технологическим процессом восстановления сопряжения.

2. Зачистить кольцо подшипника и сопрягаемую поверхность определять их размеры.

3. Рассчитать необходимое количество слоев герметика для получения натяга 0,02...0,04 мм.

4. В соответствии с технологической картой произвести восстановление сопряжения вал-подшипники качения или отверстие корпусной детали-подшипника качения.

5. Оформить отчет по работе, который должен содержать:

- цель работы;
- краткое описание техпроцесса;
- расчет толщины слоя с приложением таблицы размеров сопрягаемых деталей до и после восстановления;
- выводы по работе.

Материалы и инструмент

1. Образцы герметика 6Ф.
2. Раствор герметика.
3. Ацетон.
4. Ветошь.
5. Бумага наждачная.
6. Печь СНОЛ 2,5/2М.
7. Набор микрометров.
8. Нутрометр.
9. Пресс гидравлический.

Таблица 9.1 - Технологическая карта процесса приготовления раствора герметика 6Ф

№ операции	Содержание операции	Оборудование, приспособления, инструмент, материалы	Примечание, и технические требования
1	2	3	4
1	Нарезать герметик кусочками	Герметик 6Ф ТУ-6-05-211-724 Ножницы ручные	Удалить целлофановую обертку листов. Размер кусочков 10-12 мм.
2	Взвесить и засыпать кусочки в емкость для растворения	Стеклянная или металлическая посуда. Весы до 1 кг	Посуда для растворения герметика должна закрываться герметически
3	Залить в емкость растворитель в соотношении 100 массовых частей растворителя на 20 массовых частей герметика 6Ф	Воронка, мензурка мерная, ацетон технический ГОСТ 2768-84	
4	Выдержать герметик в растворителе до разбухания		Продолжительность выдержки 10-12 часов
5	Взбалтывать содержимое емкости до полного растворения герметика 6Ф	Вручную или с помощью вибратора	Периодически в течении 2-3-х часов до получения однородной массы
6	Отстоять раствор	Стол с вытяжным шкафом	Время отстаивания 1 час
7	Проверить вязкость раствора	Вискозиметр ВЗ-4 ГОСТ 8420-74	Условная вязкость при T=20 °C -19-20 с. при несоответствии вязкости добавить герметик или ацетон и взбалтывать до получения однородной массы
8	Слить раствор в емкость для хранения	Емкость для хранения	Емкость должна закрываться герметически

*Карта разработана кафедрой ремонта и надежности машин Московского Ордена Трудового Красного Знамени института инженеров с/х производства им. академика В.П. Горячкина.

Примечание: Срок хранения раствора герметика 6Ф в герметически закупоренной таре не ограничен.

Таблица 9.2 - Технологическая карта процесса восстановления неподвижного соединения вал-подшипник качения

№ операции	Содержание операции	Оборудование, приспособления, инструмент, материалы	Примечание, и технические требования
1	2	3	4
1	Обезжирить поверхность внутреннего кольца подшипника качения	Стол с вытяжным шкафом, ацетон технический (ГОСТ 2768-84) подставка	На поверхности не должно быть следов коррозии, масла и грязи. Нельзя прикасаться руками к обезжиренной поверхности
2	Нанести раствор герметика на обезжиренную поверхность подшипника	Емкость с раствором герметика 6Ф, кисть №10 или №14	Слой раствора нанести равномерно без пропусков покрытия. Усл. вязкость раствора 18-20 с.
3	Высушить слой и измерить толщину покрытия	Подставка, толщиномер магнитный ИТП-1	Время сушки 15-20 мин при температуре 18-20 °С
4	Повторить операцию 2-2 и 2-3 до получения заданной толщины покрытия	Емкость с раствором герметика, стол с вытяжным шкафом, кисть №10 или №14, толщиномер ИТП-1	Максимальная толщина не должна превышать 0,12 мм. Требуемое количество слоев определить в зависимости от износа
5	Поместить подшипник в шкаф для термообработки покрытия	Печь СНОЛ-2,5/2М с терморегулятором	Режим ТО., t=160 °С Время - 3 часа
6	Протереть посадочную поверхность сопрягаемой детали	Ветошь, подставка	На сопрягаемой поверхности детали не допускаются забои и риски
7	Напрессовать подшипник на посадочное место детали	Пресс гидравлический. Оправка. Индикаторный нутромер, микрометр	Натяг в сопряжении не более 0,04 мм. Перекок подшипника на валу не допускается
<p>*Карта разработана кафедрой ремонта и надежности машин Московского Ордена Трудового Красного Знамени института инженеров с/х производства им. академика В.П. Горячкина.</p> <p>Примечание: При необходимости допускается нанесение слоя герметика на изношенную поверхность детали с соблюдением последовательности приведенных выше операций.</p>			

Таблица 9.3 - Технологическая карта процесса восстановления неподвижного соединения типа корпус-наружное кольцо подшипника качения

№ операции	Содержание операции	Оборудование, приспособления, инструмент, материалы	Примечание, и технические требования
1	2	3	4
1	Обезжирить поверхность внутреннего кольца подшипника качения	Стол с вытяжным шкафом. Тампон, ацетон технический (ГОСТ 2768-84) подставка	На поверхности не должно быть следов коррозии, масла и грязи
2	Нанести раствор герметика на обезжиренную поверхность подшипника	Емкость с раствором герметика 6Ф, кисть №10 или №14, устройство для погружения подшипника	Нанесенный слой должен быть равномерный без пропусков и утолщений
3	Сушить нанесенный слой	Подставка	Время сушки 10-15 мин
4	Повторить операцию 2-3 до получения заданной толщины покрытия		
5	Поместить подшипник в термошкаф и произвести термообработку покрытия	Печь СНОЛ-2,5/2М с терморегулятором	Режим ТО., t=160 °С Время - 3 часа
6	Измерить диаметры подшипников и скомплектовать по соответствующим посадочным поверхностям отверстий в корпусных деталях	Микрометр, индикаторный нутромер, магнитный толщиномер ИТН-1	Измерения проводятся в 2-х взаимно перпендикулярных плоскостях. Диаметр подшипника с покрытием должен быть на 0,02...0,04 мм больше диаметра изношенной корпусной детали
7	Протереть посадочную поверхность корпусной детали и запрессовать подшипник в посадочное отверстие	Ветошь, пресс, оправка	Не допускается на посадочной поверхности корпусной детали забоин и риск. Перед запрессовкой поверхность смазать консистентной смазкой
<p>*Карта разработана кафедрой ремонта и надежности машин Московского Ордена Трудового Красного Знамени института инженеров с/х производства им. академика В.П. Горячкина.</p> <p>Примечание:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Технология распространяется на восстановление посадок деталей, износ которых не превышает 0,2 мм. 2. Допускается наносить покрытие из герметика 6Ф на изношенную поверхность корпусных деталей при соблюдении порядка операций, приведенного в карте. 			

10 Лабораторная работа №10 Наплавка подшипников скольжения баббитом

Цель работы:

Знакомство с технологией наплавки подшипников скольжения баббитом.

Краткие сведения о наплавке подшипников скольжения баббитом

При ремонте технологического оборудования предприятий пищевых и химических отраслей промышленности приходится производить перезаливку подшипников скольжения воздушных компрессоров и компрессоров ГПА, насосов, двигателей и т.д. В качестве материалов для заливки подшипников применяются антифрикционные сплавы - баббиты. Они разделяются на оловянистые свинцовистые. К оловянистым баббитам откосится баббит Б-83, содержащий 83 % олова. К свинцовистым баббитам относятся баббиты БН с присадкой никеля и БТ с присадкой теллура. Свинцовые баббиты, хотя и менее пластичны, чем оловянистые, по своим механическим свойствам при соблюдении технологического режима заливки почти не уступают оловянистым.

Кроме баббитов в качестве антифрикционного материала перезаливаемых подшипников используются свинцовая бронза БР С-30.

Заливку подшипников следует производить как можно более тонким слоем баббита, т.к. это повышает работоспособность подшипников и обеспечивает экономию баббита. Толщину слоя баббита до растачивания следует выдержать в пределах 1...1,5 мм. Если по техническим причинам такой слой не удается получить, то толщину его допускается выдерживать в пределах 2...3 мм.

Перед заливкой старый баббит из работавших подшипников должен быть удален, а сами детали проверены и отремонтированы.

Удаление баббита производят или выплавкой это путем нагрева подшипника с тыльной стороны до температуры размягчения баббита, или путем погружения предварительно нагретого до 120 °С подшипника в тигель с расплавленным баббитом.

Перед выплавкой следует **установить марку баббита**. Для этого достаточно поскоблить по поверхности баббита, в свежем срезе баббит Б-83 светлый, блестящий, серебристый, а БН и БТ более темные, тусклее. Баббит Б-83 рекомендуется выплавлять паяльной лампой, т.к. при этом в баббит не попадает свинец из полуды, который снижает температуру начала плавления баббита БН и БТ удобнее выплавлять, погружая подшипник в расплавленные отходы баббита с температурой 723...743 К (450...470 °С).

Вкладыши подшипников в целях компенсации стягивающего эффекта перед перезаливкой раздают на оправках в среднем на 0,3...0,5 мм, в зависимости от толщины заливаемого слоя.

Перед заливкой подшипники необходимо очистить от загрязнений и обезжирить погружением подшипника на 8-10 мм в 10 % раствор каустиче-

ской соды при температуре 353...363 К (80...90 °С). Новые стальные подшипники следует подвергать травлению в течении 2...3 мин в 15 % растворе серной кислоты или 50 % растворе соляной кислоты с последующей нейтрализацией их в растворе каустической соды и промывке в чистой горячей воде.

После очистки, и обезжиривания поверхности, подшипников, подлежащие заливке флюсуют нанесением на эти поверхности хлористого цинка, подогретого до 120 °С, а затем подвергают лужению.

Лудят вручную, натирая подогретый до температуры лужения подшипник палочкой полуды (припой ПОС-30) при температуре подшипника 553...673 К (230...300 °С) или погружая подогретый до 120-150 °С подшипник в расплавленную полуду.

Чугунные подшипники, перед заливкой не подвергаются лужению их подготовка состоит только в очистке и обезжиривании.

Промежуток времени между лужением и заливкой не должен превышать 20...30 с.

Баббит для заливки должен быть соответствующим образом подготовлен. Шихта баббита составляется из расчета для баббита Б-83 60 % свежего баббита и 40% отходов; для баббита БН и БТ – 65 % свежего баббита и 35 % отходов (баббитовая стружка; литники, оплески, выплавка). Отходы должны быть той же марки, как и заливаемый баббит,

Баббитовая стружка перед сплавлением должна быть спрессована. Неспрессованная стружка сильно окисляется, образуя при плавке до 50 % шлака. Во избежание шлакообразования поверхность расплавленного баббита следует покрывать пленкой хлористого цинка и слоем древесного угля толщиной 25...30 мм.

Перед заливкой баббит должен быть нагрет: баббит Б-83 до 673-693 К (400...420 °С); БН до 703...723 К (430...460 °С); БТ до 693...713 К (420...450 °С).

В ремонтных предприятиях для заливки подшипников применяют 3 способа: статическую, центробежную заливку и заливку под давлением. Первый из указанных способов имеет преимущественное распространение и применен в настоящей работе. Карты типового технологического процесса на описанные выше операции приведены в таблице 10.1.

При заливке подшипников необходимо применение искусственного охлаждения, что повышает прочность, твердость и износостойкость баббита.

Нарушение технологического процесса перезаливки приводит к браку. В таблице 10.2 приведены наиболее характерные виды брака и возможные причины их появления.

Порядок выполнения работы

1. Изучить инструкцию по технике безопасности и неукоснительно выполнять ее на протяжении всей работы.

2. Определить марку баббита в перезаливаемом вкладыше пользуясь шаблоном.

3. Произвести перезаливку баббита шатуна или вкладыша в порядке, изложенном в разделе 2, и типовом технологическом процессе.

4. Проверить качество заливки внешним осмотром и простукиванием залитого баббитом подшипника.

5. Составить отчет о работе, который должен содержать:;

- цель работы;
- краткие сведения о технологии заливки;
- режимы технологических операций;
- результаты контроля качества заливки подшипника баббитом и причины брака, если он обнаружен.

Материалы, оборудование, инструмент, приспособления

- баббит чушковая, стружка, всплески и др. отходы баббита;
- хлористый кальций;
- припой ПОС-30;
- древесный уголь;
- ветошь;
- щетка металлическая;
- приспособление для заливки шатуна или вкладыша;
- шабер;
- скребок;
- ложка;
- щипцы;
- муфельная печь с тиглем и терморегулятором;
- молоток 0,2 кг;
- лупа x10;
- очки защитные;
- фартук.

Таблица 10.1 - Карта типового технологического процесса перезаливки подшипников баббитом

№ № п/п	Наименование операции	Способ выполнения операции	Технические требования	Приспособления и инструмент	Оборудование
1	2	3	4	5	6
1	Удаление из подшипника старого баббита	Выплавкой паяльной лампой. Нагрев производится с тыльной стороны подшипника до температуры размягчения баббита Выплавкой путем погружения предварительно подогретого до 393°K (120°С) подшипника в тигель с расплавленным баббитом	При выплавке не смешивать баббиты разных марок	Клещи специальные, скребок для удаления баббита	Паяльная лампа, электро-тигель
2	Очистка подшипника от загрязнения и окислов	Вручную, металлической щеткой или шабером	На поверхности подшипника не допускается чернотины, ржавчина и остатки старого баббита	Металлическая щетка, шабер	Тиски
3	Флюсование подшипника	На поверхность, подогретую до 393°K подшипника наносят кисточкой раствор хлористого цинка	Хлористым цинком должна быть покрыта вся поверхность подшипника	Кисточка волосяная или расплюснутая деревянная	Кислотоупорный сосуд с флюсом

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3	4	5	6
4	Лужение подшипника	Вручную, путем натирания подогретого до температуры лужения подшипника палочкой полуды	Подшипники заливаемые свинцовым баббитом, лудятся полудой ПОС-30. Лужение тонкос-тенных подшипников, заливаемых высоколовянистым баббитом производится чистым оловом. Поверхность подшипника после лужения должна быть ровной, блестящей, желтые и фиолетовые оттенки на поверхности полуды на допускаются. Промежуток времени между лужением и заливкой не должен превышать 20...30 с.	Клещи для захвата подшипника, пирометр	Паяльная лампа, электро-тигель с полудой
5	Плавка баббита (производится одновременно с выполнением операций 1-4)	В чугунном тигле на паяльной лампе В электотигле	Температура нагрева баббита перед заливкой должна превышать верхнюю критическую точку на 50-60°. Защищать поверхность расплавленного баббита от окисления слоем древесного угля. Очищать баббит от окислов нашатырем через каждые 2-3 ч. плавки	Пирометр, сетчатая ложка для снятия шлака	Чугунный тигель, паяльная лампа, электро-тигель

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3	4	5	6
6	Заливка подшипника баббитом	<p>Кокильным способом с установкой подшипника на специальный прибор</p> <p>Центробежным способом</p>	<p>Прибор для заливки должен быть подогрет до 120-150°C</p> <p>Баббит заливать в подшипник специальным ковшом непрерывной струей возможно большего сечения</p> <p>Заливать баббит в подшипник мерным ковшом в тот момент, когда патрон станка Разовьет требуемую скорость.</p> <p>Остановить патрон только после полного охлаждения баббита (через 1...1,5 мин. после заливки)</p>	<p>Ковш для баббита, клещи для захвата подшипника</p> <p>Мерный ковш для баббита, пирометр</p>	<p>Чугунный или электрический тигель с баббитом, прибор для заливки подшипников</p> <p>Станок для центробежной заливки подшипников баббитом</p>
7	Контроль качества	<p>Внешним осмотром</p> <p>Простукиванием подшипника</p>	<p>Не допускаются в залитом подшипнике раковины, слоистости, посторонние включения</p> <p>При хорошем представлении баббита подшипники будут издавать при простукивании чистый, без дребезжания звук; при плохом представлении звук будет глухим, дребезжащим</p>	<p>Захват для подвешивания, молоток медный весом 200г.</p>	<p>Верстак</p>

Таблица 10.2 - Виды брака при заливке подшипников баббитом

Вид брака	Возможные причины его возникновения
1. Баббит отстаёт от пастели подшипника	Окисление поверхности посуды (Время между лужением и заливкой больше 20...30 с.). Низкая температура вкладыша перед заливкой. Низкая температура баббита при заливке.
2. В залитом слое баббита образуются усадочные раковины	Неравномерное охлаждение. Перегрев баббита при заливке.
3. Слой баббита пористый	Загрязнение баббита. Попадание влаги на поверхность подшипника. Чрезмерное количество флюса.
4. Крупнозернистая, неравномерная структура баббита	Баббит не соответствует нужному химическому составу. Слишком медленное охлаждение. Баббит плохо перемешан. Температурные условия не соблюдены.

Литература

1. Технология ремонта деталей гусеничных тракторов: справочник / под общей редакцией В.В.Ерофеева, А.И.Андрианов [и др.] - М.: Машгиз, 1956. – 624 с.
2. Монтаж и ремонт компрессоров / Г.К.Храпач [и др.] 2-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 1983 – 300с.

11 Лабораторная работа №11 Расчёт и выбор такелажной оснастки

Цель работы:

Получение практических навыков по расчету и выбору такелажной оснастки для производства монтажных работ.

Общие сведения о такелажной оснастке и её расчёт

К такелажной оснастке относят: блоки, барабаны, полиспасты, стропы и т.д. Все виды оснастки предназначены для использования в тяговых органах грузоподъемных машин.

При монтаже и сборке оборудования такелажные работы должны проводиться на основе проекта производства работ, в котором оговариваются состав грузоподъемных механизмов и схемы, производства работ.

Горизонтальное перемещение оборудования на монтажной площадке предприятия осуществляют автомобилями и автопогрузчиками. Особо тяжелое оборудование перемещают волоком на стальных листах, катках, или салазках при помощи тракторов или лебедок.

Вертикальное перемещение оборудования (подъем оборудования снаружи здания) осуществляется с помощью башенных и стреловых кранов или монтажных стрел, закрепленных на перекрытиях, с помощью лебедок, установленных на уровне земли.

При подъеме лебедкой и выносной стрелой грузы затягивают на соответствующие этажи с помощью ручных лебедок через монтажные проемы.

Внутри зданий оборудование перемещают мостовыми кранами, а также с помощью ручных лебедок по рельсам или на металлических листах и катках.

Вертикальный подъем оборудования для установки его на проектные отметки проводят в зависимости от местных условий мостовыми кранами, рычажными лебедками, червячными блоками и полиспастами.

При монтаже оборудования на предприятиях различных отраслей пищевой промышленности используют грузоподъемные и приспособления с тяговым усилием 5, 10, 30, 50 и 100 кН (0,5; 1; 3; 5 и 10 т.с.). В качестве тяговых органов грузоподъемных машин используют стальные канаты и цепи, а для строповки грузов стропы.

Стропы изготавливают из отрезков стального каната. Предусмотрены следующие виды строп 1СК - одноветвевые; 2СК - двухветвевые; 3СК - трехветвевые; 4СК - четырехветвевые; УСК - универсальные.

Стропы типа СК применяют для подвешивания оборудования, имеющего приспособления в виде рым-болтов, крюков, скоб и проушин, а стропы типа УСК - для строповки грузов обвивкой.

Расчет стропов из стальных канатов должен производиться с учетом числа ветвей и угла наклона их к вертикали.

При известной массе груза θ Н(кгс) натяжению S возникающее в каждой ветви определяется по формуле:

$$S = \theta / (n \cdot \cos \alpha) = m \cdot \theta / n, \quad (11.1)$$

где при $\alpha = 0^\circ; 30^\circ; 45^\circ$ коэффициент m соответственно равен 1; 1,15; 1,42.

При расчете, стропов общего назначения имеющих несколько ветвей, расчетный угол между ветвями должен приниматься равным 90° . Для стропов, предназначенных для подъема определенного груза, может приниматься фактический угол.

Величина натяжения S , полученная по формуле (1) используется для проверки на прочность каната выбранного для ветви строба:

$$P/S \geq k, \quad (11.2)$$

где P - разрывное усилие каната в Н (кгс), принимаемое по сертификату или по данным государственного стандарта;

S - наибольшее натяжение ветви без динамических нагрузок в Н или кгс;

k - коэффициент запаса прочности.

При расчете стропов для подъема грузов с обвязкой или зацепкой крюками, кольцами или серьгам коэффициент запаса прочности канатов должен приниматься не менее 6. При расчете стропов из пеньковых или хлопчатобумажных канатов коэффициент запаса прочности должен быть не менее 8, для стропов из цепей коэффициент запаса принимается по таблице 2.

Расчет канатов производится по формуле (11.2) с учетом КПД полиспаста.

Если в сертификате или свидетельстве на испытание каната дано суммарное разрывное усилие проволок, то P должно быть определено умножением суммарного разрывного усилия на 0,83 или на соответствующий коэффициент, определенный по государственному стандарту на канат выбранной конструкции.

При необходимости транспортирования груза по горизонтальной или наклонной плоскости расчет оснастки и выбор каната и строп производят в следующей последовательности:

- определяют тяговое усилие N по формуле:

$$N = Q \cdot f, \quad (11.3)$$

где Q - масса груза;

f - коэффициент трения.

Таблица 11.1 - Значения коэффициента запаса для канатов.

	Тип каната, его назначение	Минимальное значение коэффициента запаса прочности
1	Грузовые стальные канаты для кранов, лебедок, мачт, полиспастов и других подъемных механизмов: с ручным приводом с машинным приводом при режиме работы: легком среднем тяжелом	4,0
		5,0
		5,5
		6,0
2	Растяжки, стрелы, оттяжки мачт и опор без уравнительного блока	3,5
3	Стропы: типа СК универсальные типа УСК	6,0
		8,0
4	Пеньковые чалочные канаты	5,0
5	Канаты лебедок для подъема людей	9,0

Таблица 11.2 - Коэффициенты запаса прочности цепей, применяемых на грузоподъемных машинах и для изготовления стропов.

	Тип и назначение цепей	Наименьший допустимый коэффициент запаса прочности	
		при ручном приводе	при машинном приводе
1	Пластинчатые, грузовые, применяемые в грузоподъемных машинах	3	5
2	Старые и штампованные грузовые: работающие на гладком барабане	3	6
3	Сварные и штампованные цепи стропов	5	5

Примечание: Коэффициенты запаса прочности цепей даны по отношению к разрушающей нагрузке цепей.

- по найденному тяговому усилию подбирают тяговый механизм, канат и строп с проверкой последних по формуле (11.2).

Таблица 11.3 - Данные для расчета такелажной оснастки при горизонтальном и наклонном перемещении оборудования.

Материал соприкасаемых поверхностей	Значения коэффициента трения с учетом сдвигания с места грузов при их перемещении по плоскости			
	горизонтальной	Наклонной, под углом к горизонту β по плоскости		
		5	10	20
Перемещение скольжением				
Стальные полозья по плотному снегу	0,03	0,12	0,20	0,37
Деревянные полозья по плотному снегу	0,05	0,14	0,22	0,39
Сталь по стали сухая поверхность	0,24	0,32	0,40	0,56
Смазанная поверхность	0,15	0,24	0,32	0,49
Сталь по бетону, гравию	0,63	0,81	0,95	1,15
Дерево по бетону	0,75	0,89	1,01	1,21
Перемещение качением				
Стальная поверхность катка из труб \varnothing 50 мм				
По стальным направляющим	0,033	0,16	0,29	0,54
По бетону	0,033	0,17	0,30	0,54
Тележка по рельсовым путям	0,015	0,15	0,27	0,52

Диаметр барабана или блока, огибаемого сварной цепью должен быть:

- у грузоподъемных машин с ручным приводом не менее 20-кратного калибра цепи;

- у грузоподъемных машин с машинным приводом не менее 30-кратного калибра цепи.

Выбор блоков, огибаемых стальных канатов производится по рекомендациям таблицы 11.4.

Таблица 11.4 - Диаметр блока огибаемого стальным канатом.

	Тип грузоподъемной машины	Привод механизма	Режим работы механизма	Наим. допустимый \varnothing блока Д
1	Грузоподъемные машины всех типов, за исключением стреловых кранов, электроталей и лебедок	ручной машинный	- легкий средний тяжелый весьма тяжелый	18 d 20 d 25 d 30 d 35 d
2	Краны стреловые: механизмы подъема груза и стрелы Механизм для монтажа крана	ручной машинный	легкий средний тяжелый весьма тяжелый -//-	16 d 16 d 18 d 20 d 25 d 169 d
3	Электрические тали: существующие проектируемые			20 d 22 d
4	Лебедки: для подъема грузов для подъема людей	ручной машинный ручной машинный		12 d 20 d 16 d 25 d

Примечание: Диаметр барабана допускается применять на 13 % меньше, чем указано для блоков, уравнительного и отклоняющего блоков на 20 %, у электроталей и стреловых кранов на 40%. Диаметр блока или барабана измеряется по средней.

Полиспасты, а также ролики, канаты к ним выбирают по величине отношения массы груза θ к условию S на тяговом канате с учетом сопротивления ролика k . Усилие в тяговом канате /Н(кгс)/ определяют по формуле:

$$S=Q/k . \quad (11.4)$$

Значение коэффициента k для полиспастов с разным числом роликов принимают по таблице 11.5.

Таблица 11.5 - Значение коэффициента k для полиспастов.

Число рабочих ветвей в полиспасте	Число отводных роликов		
	0	1	2
1	0,96	0,92	0,88
2	1,86	1,81	1,73
3	2,76	2,63	2,55

Примечание: Коэффициент полезного действия одного ролика принят равным 0,96.

Таблица 11.6 - Грузоподъемность полиспастов.

Кол-во действующих роликов	Направление сберегающей последней ветви каната				
	вниз			вверх	
	Диаметр ролика полиспаста, мм				
	200	250	300	200	250
1 и 1	$\frac{1510}{10(1050)}$	$\frac{3200}{18(1800)}$	$\frac{4850}{26(2650)}$	$\frac{3000}{10(1050)}$	$\frac{5000}{18(1800)}$
1 и 2	$\frac{3000}{11,5(1150)}$	$\frac{4500}{18(1800)}$	$\frac{7250}{27(2750)}$	$\frac{4150}{11,5(1150)}$	$\frac{6900}{19(1900)}$

Примечание: В числителе - масса поднимаемого груза в кг; в знаменателе - усилие, необходимое для подъема груза в кН (кгс).

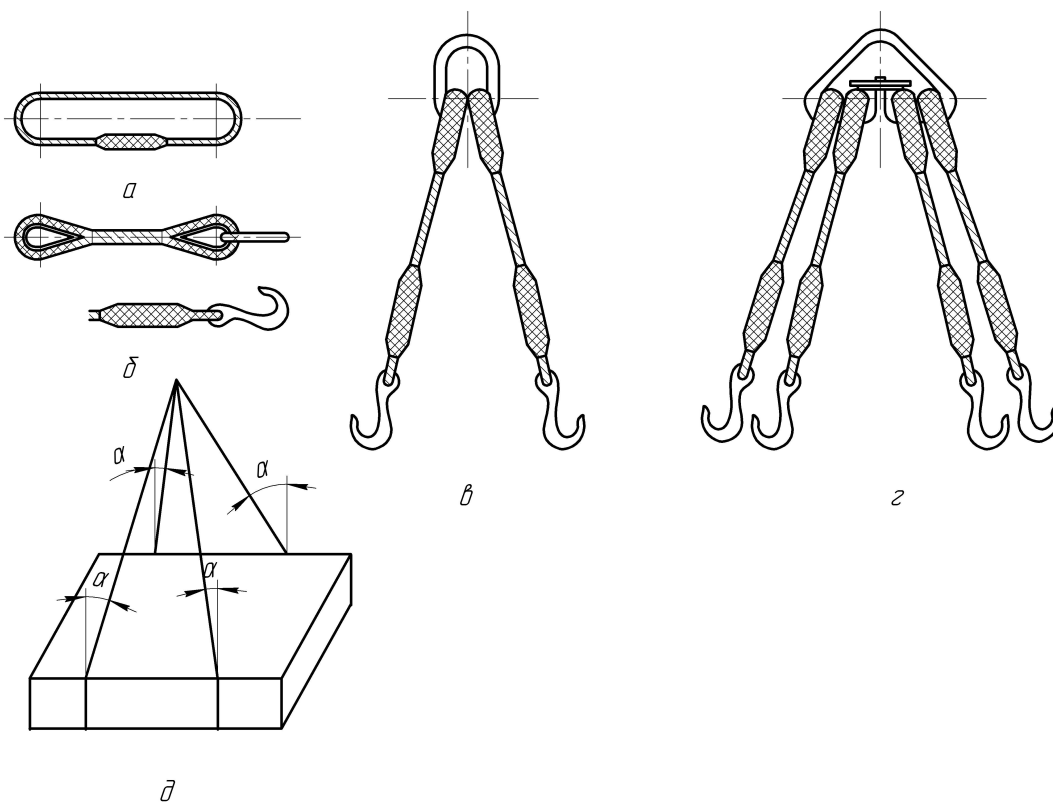


Рисунок 11.1

Порядок выполнения работы

- ознакомиться со сведениям по расчёту такелажной оснастки и нормативами приведениями в разделе 2;
- ознакомиться с индивидуальным заданием;
- составить схему расчёта и выполнить расчет оснастки в соответствии с индивидуальным заданием.

Индивидуальные задания

1. Подобрать такелажную оснастку для перемещения груза под углом β по полу указанным в таблице 11.7 способом. Выполнить расчет каната и подобрать по тяговому усилию лебедку. Оговорить способ строповки груза.

2. Рассчитать полиспаст, выбрать канат и лебедку, рассчитать стропы. В сертификатах на имеющиеся на предприятии стальные канаты указано общее усилие разрыва (кН) 23,5 (\varnothing 6,3 мм); 39,7 (\varnothing 9,7 мм), 93,2 (\varnothing 18 мм), 306,4 (\varnothing 23,5 мм).

Характеристика поднимаемого груза, угол между стропами, число точек строповки даны в таблице 11.8.

Таблица 11.7 - Характеристика груза и условия его транспортирования к месту монтажа.

	Транспортируемый груз		угол β°	Способ транспор.	Пол.
	наименование	масса, т			
1	Вальцевый станок	3,85	0	Лебедкой, в ящ. на катках	бетон
2	-//-	3,25	10	на поддоне	-//-
3	-//-	3,85	15	в ящике	бетон
4	-//-	3,25	20	на катках, в поддоне, лебедкой	бетон
5	Рассев ЗРШ	1,950	0	В поддоне лебедкой	покаты
6	Дробилка А1-ДДП	1,5	10	На катках, на поддоне	покаты
7	Дробилка А1-ДДР	2,1	0	-//-	-//-
8	Триер ЗТК	0,867	0	В ящике	гравий
9	-//-	0,867	10	-//-	бетон
10	Моечная машина	3,180	5	На поддоне, на катках	покаты
11	-//-	-//-	0	-//-	бетон
12	Шелушитель	0,77	10	В ящике	бетон
13	Смеситель СТК-2,5	3,3	0	На остальных катках	бетон

Таблица 11.8 - Характеристика поднимаемого груза.

№ задания					Способ строповки
	наименование	масса, т	число точек строповки	угол между ветвями	
1	Дробилка А1-ДДП	1,5	4	50	
2	Дробилка А1-ДДР	2,1	4	50	
3	Гранулятор ДГ1	3,23	-	40	
4	Гранулятор ДГ2	2,100	-	45	
5	Вальцевый станок БВ	3,75	4	60	
6	Рассев ЗРШ	1,950	4	45	

Примечание: схему строповки уточнить по рисункам, помещенным в [1].

Отчет по работе

Отчет по работе должен включать в себя:

- цель работы;
- краткое описание методики расчёта оснастки;
- расчет такелажной оснастки в соответствии с заданием;
- схемы строповки или транспортировки оборудования.

Литература

1. Справочник по монтажу оборудования элеваторов, зерноперерабатывающих и комбикормовых заводов. / под общей редакцией М.А.Тартаковского, В.В.Андреев [и др.] - М.: Колос, 1979. - 375 с.
2. Справочник по технике безопасности. 6-е изд. / П.А.Долин. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 824 с.