

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

СБОРКА СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ И ПЕРЕХОДНЫХ ПОСАДОК

Лабораторная работа № 1

Методические указания к выполнению
лабораторных и практических работ
по дисциплине «Технология сборки»
для студентов машиностроительных специальностей
всех форм обучения

Нижний Новгород 2017

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЯ ЗАПРЕССОВКИ (НАПРЕССОВКИ) ДЕТАЛИ

Лабораторная работа № 1

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить усилие запрессовки (напрессовки) детали.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Соединения с натягом

Условие прочности посадки, напрессованной на вал втулки корпусной детали и нагруженной при эксплуатации статической осевой силой $P_{ЗАПР}$ (Н) выражается неравенством:

$$P_{ЗАПР} \leq f p \pi d l, \quad (1)$$

где f – коэффициент трения, $f = 0,087$; p – давление на поверхности контакта, Па; d и l – диаметр и длина сопряжения соответственно, м.

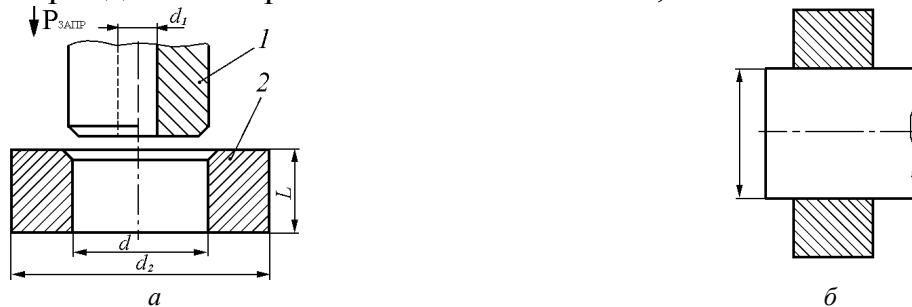


Рис. 1. Схема запрессовки вала (напрессовки втулки): 1 – втулка; 2 – вал

Давление на поверхности контакта (в паскалях) выражается зависимостью:

$$p = \frac{b}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (2)$$

где b – натяг в сопряжении, мм; E_1 и E_2 – модули упругости материала вала и втулки соответственно, Па; C_1 и C_2 – коэффициенты, определяют:

$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \frac{l}{\mu_1}, \quad C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \frac{l}{\mu_2}, \quad (3)$$

где μ_1 и μ_2 – коэффициенты Пуассона материалов вала и втулки; d_1 и d_2 – диаметр отверстия в вале и наружный диаметр втулки соответственно, м.

Температуру нагрева кольца для установки его на вал, °С.

$$t = t_d + \Delta t, \quad (5)$$

где $t_d = 20^\circ\text{C}$ – температура детали; Δt – температура приращения кольца, °С.

$$\Delta t = \Delta d / \alpha \cdot d, \quad (6)$$

где α – коэффициент линейного расширения; Δd – необходимое приращение диаметра отверстия кольца для свободной установки на вал, мм.

$$\Delta d = N_{\max} + S_{св}, \quad (7)$$

где $S_{св}$ – зазор для свободной установки, мм.

3. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

3.1. Соединения с натягом

Соединение стальной втулки с полым стальным валом (рис. 1, а) осуществляется по посадке с натягом $\varnothing 100H7/s6$. Длина сопряжения (втулки) $l = 100$ мм, $d = 100$ мм – диаметр сопряжения; $d_1 = 50$ мм – диаметр отверстия в вале; $d_2 = 250$ мм – наружный диаметр втулки. Температура детали в цехе $t_d = 20^\circ\text{C}$.

Определить: 1. Усилие запрессовки для соединения втулки с валом;

2. Температуру t нагрева кольца для установки его на вал. Необходимо предусмотреть зазор для свободной установки $S_{св} = 0,1$ мм.

Решение.

1.1. Определяем натяг соединения $\varnothing 100H7^{+0,035}/s6^{+0,085}_{+0,060}$:

максимальный натяг $N_{\max} = 0,085$ мм, минимальный натяг $N_{\min} = 0,025$ мм.

Принимаем в расчет наибольший натяг $N_{\max} = 0,085$ мм.

1.2. Определяем давление на поверхности соприкосновения соединяемых деталей:

– коэффициент охватываемой детали $C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \frac{l}{\mu_1} = \frac{100^2 + 50^2}{100^2 - 50^2} - \frac{0,1}{0,3} = 1,333$;

– коэффициент охватывающей детали $C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} + \frac{l}{\mu_2} = \frac{250^2 + 100^2}{250^2 - 100^2} + \frac{0,1}{0,3} = 1,714$.

Удельное контактное давление $p = \frac{N_{\max}}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)} = \frac{0,085}{100 \left(\frac{1,333}{2,1 \cdot 10^5} + \frac{1,714}{2,1 \cdot 10^5} \right)} = 58,58 \text{ Н/мм}^2$

1.3. Определяем усилие запрессовки:

$F_{\text{запр}} = f p \pi d l = 0,087 \cdot 58,58 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 100 = 160028 \text{ Н} = 160 \text{ кН}$.

1.4. Минимально допустимая толщина ремонтной втулки определяется из условия прочности

2. Температуру нагрева кольца для установки его на вал.

2.1. Определим необходимое приращение диаметра отверстия кольца Δd для свободной установки на вал.

$$\Delta d = N_{\max} + S_{св} = 0,085 + 0,1 = 0,185 \text{ мм}$$

2.2. Определим температуру приращения кольца:

$$\Delta t = \Delta d / \alpha \cdot d = 0,185 / 11 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 168^\circ\text{C}$$

2.3. Определим минимально необходимую температуру кольца:

$$t = \Delta t + t_d = 168 + 20 = 188^\circ\text{C}$$

3.2. Соединения по переходным посадкам:

Соединение корпусной детали с валом осуществляется по переходной посадке $\varnothing 190H6/m5$.

Определить: ожидаемую при сборке долю соединений с натягом и долю соединений с зазором в переходной посадке.

Решение.

Запишем обозначение посадки в полной форме

$$\varnothing 190H6^{(+0,029)}/m5^{(+0,037)_{+0,017}}$$

и по схеме расположения полей допусков определим максимальные натяг и зазор соединения

$$N_{\max} = |es - EI| = 0,037 - 0 = 0,037 \text{ мм};$$

$$S_{\max} = |ES - ei| = 0,017 - 0,029 = 0,012 \text{ мм}.$$

Средний натяг (зазор) переходной посадки

$$N_m(S_m) = (N_{\max} - S_{\max})/2 = (0,037 - 0,012)/2 = 0,0125 \text{ мм}.$$

Определим среднее квадратичное отклонение

$$\sigma_N = 1/6 \sqrt{TD^2 + Td^2} = 1/6 \sqrt{29^2 + 20^2} = 5,86.$$

Определим

$$Z = N_m/\sigma_N = 12,5/5,86 = 2,13$$

Значение интеграла вероятностей (функция Лапласа) по табл. 4:

$$\Phi(Z) = 0,965$$

Следовательно, относительное число соединений с натягом равно 0,965, а соединений с зазором 0,035, или 96,5% и 3,5% соответственно.

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ

Детали и пресс для запрессовки.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать следующие разделы:

1. Цель и схема запрессовки (рис. 1, б) с указанием размеров и материала.
2. Для соединения с натягом расчет усилия запрессовки и минимально необходимой температуры кольца.
3. Для переходной посадки расчет ожидаемой при сборке доли соединений с натягом и доли соединений с зазором.
4. Эскиз соединений с указанием посадок (рис. 1, а), вывод.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Характеристики различных посадок.
2. От чего зависит усилие запрессовки (напрессовки)?
3. Как определить температуру нагрева кольца для установки его на вал?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Значения модулей упругости E и коэффициентов Пуассона μ

Материал	$E, \text{Н/мм}^2$	μ
Сталь и стальное литье	$(1,96-2,00) \cdot 10^5$	0,3
Чугунное литье	$(0,74-1,05) \cdot 10^{11}$	0,25
Бронза	$0,84 \cdot 10^{11}$	0,35

Таблица 2

Значения коэффициентов трения

Материал сопрягаемых деталей (вал-втулка)	Коэффициент трения, f
Сталь-сталь	0,06-0,13
Сталь-чугун	0,07-0,12
Бронза-сталь, бронза-чугун	0,04-0,11

Примечания:

1. Нижний интервал соответствует сборке с использованием смазки.
2. При образовании соединений с использованием температурных деформаций, значения f в 1,5÷1,6 раза выше приведенных.
3. При стальных и чугунных деталях часто принимают $f=0,12$.

Таблица 3

Коэффициенты линейного расширения (α) металлов и сплавов

Материал	$\alpha, \text{мм/град}$	Материал	$\alpha, \text{мм/град}$
Сталь:	- незакаленная	Чугун	$(10-11,4) \cdot 10^{-6}$
	- закаленная		
Титановые сплавы	$8,4 \cdot 10^{-6}$	Бронза	$17,5 \cdot 10^{-6}$
Цинковые сплавы	$27,7 \cdot 10^{-6}$	Латунь	$(17-21) \cdot 10^{-6}$

Таблица 4

Значение интеграла вероятностей (функция Лапласа)

t	$P(t)$	t	$P(t)$	t	$P(t)$	t	$P(t)$
0,05	0,0399	0,95	0,6579	1,85	0,9357	2,75	0,9940
0,10	0,0797	1,00	0,6827	1,90	0,9426	2,80	0,9949
0,15	0,1192	1,05	0,7063	1,95	0,9488	2,85	0,9956
0,20	0,1585	1,10	0,7287	2,00	0,9545	2,90	0,9963
0,25	0,1974	1,15	0,7499	2,05	0,9596	2,95	0,9968
0,30	0,2358	1,20	0,7699	2,10	0,9643	3,0	0,99730
0,35	0,2737	1,25	0,7887	2,15	0,9684	3,1	0,99806
0,40	0,3108	1,30	0,8064	2,20	0,9722	3,2	0,99862
0,45	0,3473	1,35	0,8230	2,25	0,9756	3,3	0,99904
0,50	0,3829	1,40	0,8385	2,30	0,9786	3,4	0,99932
0,55	0,4177	1,45	0,8529	2,35	0,9812	3,5	0,99934
0,60	0,4515	1,50	0,8664	2,40	0,9836	3,6	0,99968
0,65	0,4843	1,55	0,8789	2,45	0,9857	3,7	0,99978
0,70	0,5161	1,60	0,8904	2,50	0,9876	3,8	0,99986
0,75	0,5467	1,65	0,9011	2,55	0,9892	3,9	0,99990
0,80	0,5763	1,70	0,9109	2,60	0,9907	4,0	0,999936
0,85	0,6047	1,75	0,9199	2,65	0,9920	4,5	0,999994
0,90	0,6319	1,80	0,9281	2,70	0,9931	5,0	0,9999994

Варианты заданий

Таблица 5

Номер вар-та	d_1 , мм	L , мм	d , мм	d_2 , мм	Посадка		Материал	
					с натягом	переходная	втулки	вала
1	50	40	160	220	H7/p6	H8/m7	Бронза	Чугун
2	60	40	160	220	H7/s6	H8/k7	Бронза	Чугун
3	70	60	180	240	H8/p7	H7/js6	Сталь	Чугун
4	70	60	180	240	H8/s7	H7/n6	Сталь	Сталь
5	70	65	190	250	H6/p5	H7/m6	Сталь	Сталь
6	80	70	190	250	H6/s5	H7/k6	Сталь	Сталь
7	80	70	190	260	H7/p6	H8/m7	Сталь	Сталь
8	80	70	200	260	H7/s6	H8/k7	Чугун	Сталь
9	90	65	180	240	H8/p7	H7/js6	Чугун	Сталь
10	90	80	170	230	H8/s7	H7/n6	Сталь	Сталь
11	90	80	170	250	H6/p5	H7/m6	Бронза	Сталь
12	90	80	200	280	H6/s5	H7/k6	Бронза	Сталь
13	95	80	210	280	H7/p6	H8/m7	Сталь	Сталь
14	110	80	220	300	H7/s6	H8/k7	Сталь	Сталь
15	120	80	230	290	H8/p7	H7/js6	Сталь	Сталь
16	130	90	220	290	H8/s7	H7/n6	Сталь	Сталь
17	130	90	230	300	H6/p5	H7/m6	Сталь	Сталь
18	130	90	220	300	H6/s5	H7/k6	Сталь	Сталь
19	135	90	230	300	H7/p6	H8/m7	Бронза	Сталь
20	135	90	300	380	H7/s6	H8/k7	Бронза	Сталь
21	135	90	350	420	H8/p7	H7/js6	Бронза	Сталь
22	130	90	400	480	H8/s7	H7/n6	Бронза	Сталь
23	140	90	350	420	H6/p5	H7/m6	Бронза	Сталь
24	140	100	280	360	H6/s5	H7/k6	Чугун	Сталь
25	140	100	300	400	H7/p6	H8/m7	Чугун	Сталь
26	50	40	300	380	H7/s6	H8/k7	Чугун	Сталь
27	65	40	250	310	H8/p7	H7/js6	Бронза	Сталь
28	65	40	160	260	H8/s7	H7/n6	Бронза	Сталь
29	50	40	160	260	H6/p5	H7/m6	Бронза	Сталь