

Результаты экспериментально-исследовательских работ, проведенных на кафедре "Технология машиностроения" Могилев-ского машиностроительного института, подтверждают указанное предположение [3].

### Л и т е р а т у р а

1. Жабин А.И. и др. Определение допусков на обработку отверстий втулок, исключаящих их шабровку после запрессовки. - Вестник машиностроения, 1965, № 5. 2. Чистосердов П.С. Жолобов А.А., Сургунт Я.М. Запрессовка втулок и калибрование в них отверстий за один процесс. - Машиностроитель, 1873, № 9. 3. Чистосердов П.С., Жолобов А.А. Повышение точности отверстий в запрессованных втулках деформированием. - В сб.: Технология и организация производства. Киев, 1972, вып. 2.

УДК 621.96

А.А.Жолобов, В.Г.Беляй, П.С.Чистосердов

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УСТРОЙСТВ, СОВМЕШАЮЩИХ ПРОЦЕССЫ ЗАПРЕССОВКИ ВТУЛОК И КАЛИБРОВАНИЯ В НИХ ОТВЕРСТИЙ

На кафедре технологии машиностроения Могилевского машиностроительного института созданы устройства, совмещающие в один технологический переход процессы запрессовки втулок и калибрования в них отверстий методами ППД [1]

Одно из таких устройств приведено на рис. 1. Устройство работает следующим образом. На втулку 8, подлежащую запрессовке в корпус 9, устанавливается прессующий элемент, состоящий из стакана 4 и шаров 3.

Под действием собственного веса гильза 2 упирается внутренним торцом стакана 4. После этого тяга 1 в сборе с дорном 5 вводится в отверстие запрессовываемой втулки и крепится своей нижней частью с захватывающим устройством пресса или протяжного станка. При сообщении тяге поступательного перемещения вниз коническая часть ее направляющей захватывает шары, в результате чего прессующий стакан 4 соединяется с тягой и начинается процесс запрессовки. В дальнейшем гильза 2 своим нижним торцом упирается в верхний торец корпусной детали 9, а стакан вместе с шарами продолжает перемещаться вниз относительно остановившейся гиль-

зы, запрессовывая втулку до тех пор, пока шары не попадут в кольцевую выточку гильзы и не отсоединят прессующую часть от инструмента, который, продолжая двигаться вниз, осуществляет калибровку отверстия в запрессованной втулке.

Большое значение для практического использования разработанного устройства имеет выявление его технологических возможностей.

На рис. 2 приведена силовая расчетная схема этого устройства, изображающая действия сил на элементы устройства при запрессовке втулок. Положения деталей соответствуют позициям рис. 1.

Оптимальным углом тяги 1, которым она связывается с шариковым замком, можно считать такой угол  $\alpha$ , при котором шары 3 контактируют с конической поверхностью тяги в точке С, находящейся на середине конуса по его длине, что обеспечивает равномерное распределение натяжений. Тогда

$$\alpha = \arccos \left( 1 - \frac{a}{d_{\text{ш}}} \right), \quad (1)$$

где  $a$  - ширина конического участка;  $d_{\text{ш}}$  - диаметр шара замка.

Подставив в (1)  $a = \frac{d_{\text{ш}} - b}{2}$ , получим

$$\alpha = \arccos \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{b}{d_{\text{ш}}} \right). \quad (2)$$

Движение шаров устройства при запрессовке втулки можно разбить на три участка. На первом участке (от начала запрессовки и до упора гильзы 2 в корпусную деталь 9) происходит заклинивание шаров в трех точках А, В, С, при этом шары остаются неподвижными относительно деталей 1, 2, 4 (рис.

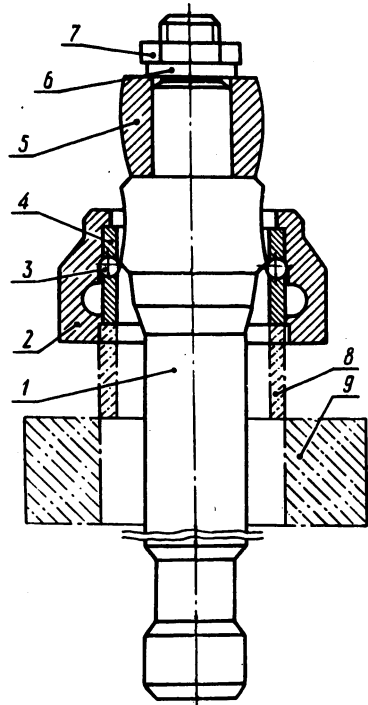


Рис. 1. Устройство для совмещения в один технологический переход процессов запрессовки втулок и калибровки в них отверстий.

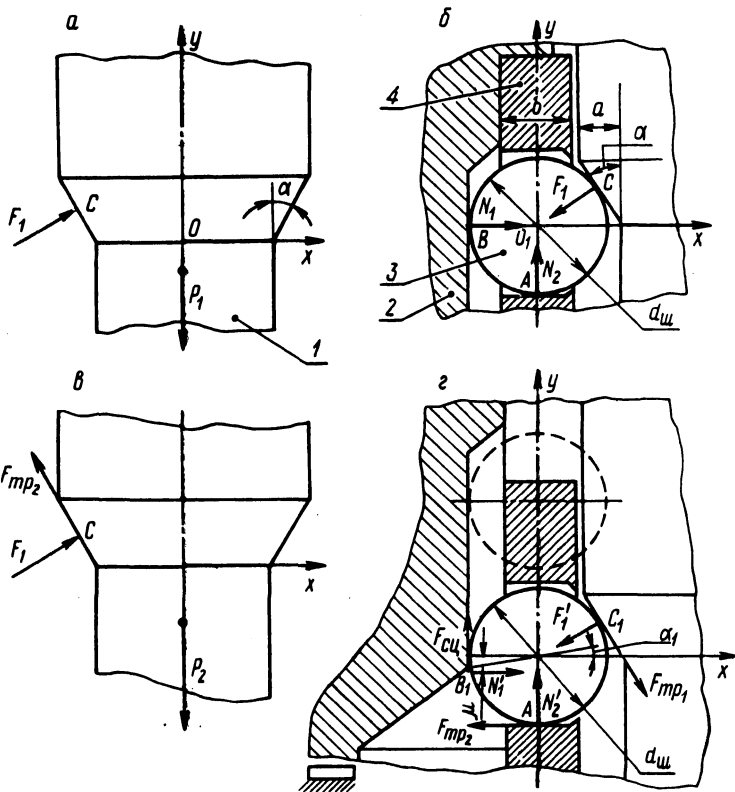


Рис. 2. Расчетная схема определения усилий шарикового замка устройства.

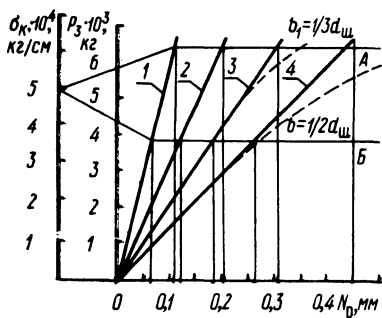


Рис. 3. Номограмма технологических возможностей устройств с шариковыми замками.

2,а,б). На втором участке (с момента упора гильзы 2 в корпусную деталь 9 и до вытеснения шаров в выточку гильзы) каждый шар совершает вращательное движение относительно деталей 1, 2, 4 (рис. 2,в,г). На третьем участке происходит вытеснение шаров в выточку гильзы 2 и на этом процесс запрессовки заканчивается.

Максимальные усилия, действующие на любой шар на первом участке определяются так:

$$F_1 = \frac{P_1}{n \sin \alpha}, \quad (3) \quad N_1 = \frac{P_1}{n} \operatorname{ctg} \alpha, \quad (4) \quad N_2 = \frac{P_1}{n}. \quad (5)$$

В формулах (3), (4), (5)  $F_1$  - реакция со стороны шара;  $N_1$  - реакция со стороны гильзы 2;  $N_2$  - реакция со стороны стакана 4;  $P_1$  - максимальное усилие запрессовки на первом участке;  $n$  - количество шаров в замке.

Анализ работы устройства показывает, что на первом участке шары могут катиться только по гильзе 2 и скользить по поверхности стакана 4 и тяги 1. Рассматривая тягу 1 в равновесии при движении шара на втором участке, получаем

$$\sum_y = 0; -P_2 + F_1' n \sin \alpha + F_{\text{тр}1} n \cos \alpha = 0, \quad (6)$$

где  $F_1'$  - реакция со стороны шара;  $P_2$  - максимальное усилие запрессовки втулки.

Рассматривая на этом участке шар в равновесии, можно записать:

$$\sum_x = 0; N_1' - F_{\text{тр}2} - F_1' \cos \alpha + F_{\text{тр}1} \sin \alpha = 0, \\ \sum_y = 0; N_2' - F_{\text{сц}} - F_1' \sin \alpha - F_{\text{тр}1} \cos \alpha = 0, \quad (7)$$

$$\sum M_{O1} = 0; -F_{\text{тр}1} r - F_{\text{тр}2} r + N_1' \mu - F_{\text{сц}} r = 0,$$

где  $F_{\text{сц}}$  - сила трения сцепления между шаром и гильзой;  $F_{\text{тр}1}$  - сила трения скольжения между шаром и тягой;  $F_{\text{тр}1} = F_1' f$ ;  $F_{\text{тр}2} = N_1' f$ ;  $N_1'$  - реакция со стороны гильзы;  $N_2'$  - реакция со стороны стакана;  $\mu$  - коэффициент трения качения;  $f$  - коэффициент трения скольжения.

После совместного решения системы (7) и уравнения (6) и ряда преобразований с учетом малых значений  $\alpha$ , и  $\mu$  получим для второго участка:

$$F_1' = \frac{P_2}{n (\sin \alpha + f \cos \alpha)}, \quad (8)$$

$$N_1' = \frac{P_2}{n} \left[ \frac{f^2 (\cos \alpha + 1 + \sin \alpha + \cos \alpha (1 - f))}{(\sin \alpha + f \cos \alpha) (1 - f)} \right], \quad (9)$$

$$N_2' = \frac{P_2}{n} \left[ \frac{(\sin \alpha + f \cos \alpha) + f}{(\sin \alpha + f \cos \alpha) (1 - f)} \right]. \quad (10)$$

Анализ усилий, действующих на элементы прессующей части устройства, и длин линий контактов показывает, что наибольшие контактные напряжения возникают в месте сопряжения шара со скалкой.

На основании полученных зависимостей на рис. 3 приведена номограмма, показывающая область возможных натягов сопряжений типа "втулка-корпус", при которых шариковые замки обеспечивают нормальный процесс запрессовки. При построении этой номограммы приняты следующие параметры сопряжений: диаметр отверстий втулок  $d_1 = 54$  мм; диаметр сопряжения  $d = 64$  мм; диаметр наружной поверхности корпусов  $d_2 = 120$  мм; длина сопряжений  $l = 50$  мм; шероховатость сопрягаемых поверхностей  $R_z = 10$  мкм; диаметр шара замка  $d_3 = 10$  мм; число шаров  $n = 8$  шт.

На номограмме (рис. 3) линия 1 соответствует зависимости натяг прессового соединения - усилие запрессовки стальных втулок в стальные корпуса; 2 - стальных в чугунные; 3 - чугунных в стальные; 4 - бронзовых в стальные. Штриховыми линиями показаны возможные усилия запрессовки под воздействием упруго-пластических деформаций в зоне сопряжения.

#### Л и т е р а т у р а

1. Чистосердов П.С., Жолобов А.А. Повышение производительности труда при обработке отверстий в запрессованных втулках. - В сб.: Прогрессивная технология машиностроения. Минск, 1974, вып. 5.