

ностей в системе (от 0,2 мм и более). Благодаря невысокой радиальной жесткости силовых разверток при эксцентриситетах до 0,2мм инструмент самоустанавливается в процессе обработки без каких-либо вспомогательных устройств. При этом обеспечивается достаточно высокая точность обработки.

Результаты экспериментов, приведенные на рис. 2, свидетельствуют о работоспособности патронов при значительных эксцентриситетах. При этом эксцентриситет в процессе обработки с применением патронов существенного воздействия на погрешность формы в поперечном сечении не оказывает. На разбивку отверстия влияет скорость резания, определяющая процесс наростообразования и упруго-пластичные явления в зоне обработки. При силовом развертывании с применением подвижных патронов эксцентриситет и конструкция патрона существенного влияния на разбивку не оказывают.

В проведенных экспериментальных исследованиях в большинстве случаев наблюдалась отрицательная разбивка, т.е. усадка отверстия.

УДК 621.822.6

Морис Олу Олубонаджо

### ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ УСТРОЙСТВ ВОЗВРАТА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ВИНТОВЫХ МЕХАНИЗМОВ КАЧЕНИЯ

Широкое использование в последнее время винтовых механизмов качения в различных отраслях промышленности требует учета особенностей их эксплуатации. Критерии работоспособности и их количественные характеристики должны назначаться в соответствии с требованиями к равномерности поступательного перемещения ведомого звена и допустимых значений относительных деформаций винта и гайки в осевом и радиальном направлениях. Такие характеристики работоспособности винтовых механизмов качения (ВМК), как долговечность, значение и постоянство КПД, кинематическая чувствительность могут изменяться в широких пределах в зависимости от характера движения тел качения, определяемого конструкцией устройства возврата, допустимыми погрешностями изготовления деталей и пространственной ориентации осей винта и гайки.

Проведенные исследования [1, 2] показывают, что силовые и кинематические характеристики в зонах контакта тел качения

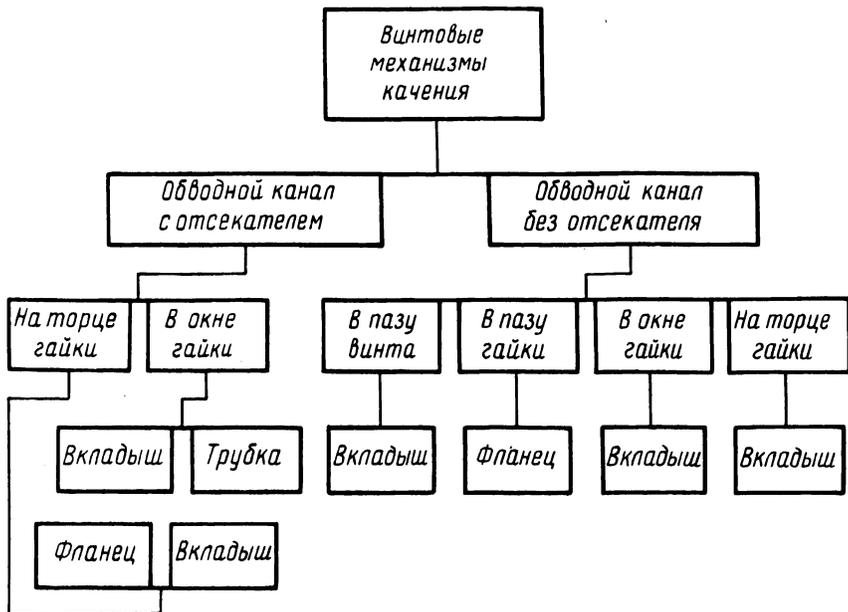


Рис. 1. Классификация устройств возврата тел качения винтовых механизмов качения.

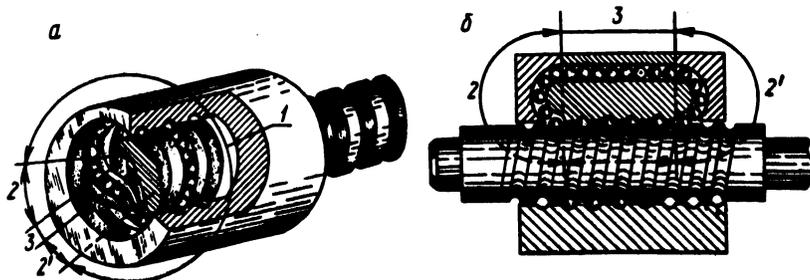


Рис. 2. Схема возврата шариков с помощью обводного канала без отсекателя (а) и с отсекателем (б).

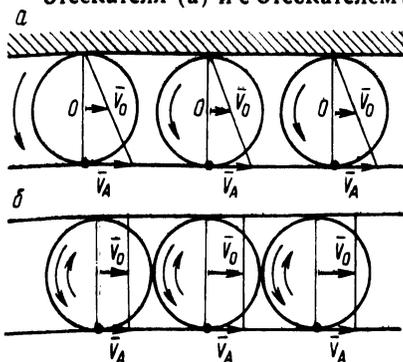


Рис. 3. Скорости центров и точек контакта шариков в рабочей зоне (а) и в зоне возврата (б).

с рабочими поверхностями резьбы винта и гайки, а также стенками каналов возврата зависят от способа замыкания рабочих витков. Обычно в металлорежущих станках используется преобразование вращательного движения винта в поступательное гайки. Это в некоторой степени определяет выбор конструктивного варианта замыкания тел качения, однако имеется большое количество конструктивных решений, требующих анализа применительно к условиям эксплуатации в металлорежущих станках [3]. В основном замыкание тел качения обеспечивается без отсечения с поверхности винта или с использованием отсекателей, обеспечивающих разрыв контакта тел качения с винтом при их замыкании. Детали, используемые для возврата тел качения с помощью обводных каналов, выполненных в них, состоят из фланцев, трубок и специальных вкладышей (рис. 1). Они могут иметь разъемные соединения с гайкой и неразъемные. К устройствам возврата предъявляются высокие требования по точности расположения относительно рабочих поверхностей резьбы винта и гайки каналов, замыкающих тел качения. Эти требования выполнить без дополнительных подгонок часто не удается, наличие же погрешностей формы или размеров канала является причиной неудовлетворительной работы механизма. Это связано с тем, что кинематические характеристики тел качения имеют переменное значение в различных участках их траектории.

На рис. 2 показаны схемы возврата шариков с помощью обводного канала без отсекаателя и с отсекателем. На замкнутом участке движения тел качения можно выделить четыре характерные зоны: 1 – рабочую зону, в которой обеспечивается контакт тел качения с резьбой винта и гайки, и нерабочую, состоящую из трех участков, в которых движение тел качения отличается по траектории. Участки 2<sup>1</sup> и 2 обеспечивают попадание тел качения в рабочую зону и выход из нее. Участок 3 служит для соединения каналов 2 и 2<sup>1</sup>.

Как видно из рис. 3, вход тел качения в рабочую зону и выход из нее вызывает изменение характера движения и меняет количественное соотношение скоростей точек контакта и центра шариков. Такое изменение происходит в очень короткий промежуток времени и приводит к возникновению ударной нагрузки при наличии проскальзывания и верчения. В результате появляются дополнительные ударные нагрузки и снижается поверхностная прочность рабочих участков резьбы.

Как видно из рис. 3, б, тела качения, находящиеся в канале возврата, скользят вдоль него, и скорость их перемеще-

ния определяется скоростью центра  $\bar{v}_O$  при качении в рабочей зоне. Таким образом, при входе в рабочую зону скорость точки контакта поверхности тела качения с винтом  $\bar{v}_A$  увеличивается в два раза по сравнению со скоростью центра. При этом угловая скорость изменяется от нуля до

$$\omega = \frac{v}{d} = \frac{2v_O}{d}.$$

При попадании тела качения из рабочей зоны в канал возврата происходит уменьшение скоростей на ту же величину. Считая движение равноускоренным (равнозамедленным), дополнительные силы инерции, возникающие в момент изменения скоростей, определяют из выражений:

$$F = mW, \quad M = J\varepsilon,$$

где  $m, J$  — масса тела качения и его момент инерции;  $W, \varepsilon$  — ускорения в поступательном и вращательном движениях.

При входе шариков в канал возврата или рабочую зону ускорение точки контакта определяется из выражения  $W = \frac{v_A - v_O}{t}$ . Тогда угловое ускорение шарика будет

$$\varepsilon = \frac{W}{d} = \frac{v_A - v_O}{dt},$$

где  $d$  — диаметр шарика;  $t$  — время перехода в канал возврата или рабочую зону.

С учетом геометрических параметров пары винт-гайка последнее выражение можно представить в виде

$$\varepsilon = \frac{\omega_{ш}}{t} = \frac{\omega D}{2dt},$$

где  $\omega_{ш}$  — угловая скорость шарика;  $\omega$  — угловая скорость винта;  $D$  — диаметр цилиндра, образованного точками контакта резьбы винта с шариками. Считаем при этом, что угол наклона винтовой линии равен  $90^\circ$ .

Время перехода шарика в канал возврата или рабочую зону определяется длиной переходного участка  $l = 0,5$  мм. Увеличение его длины требует специальной ручной подгонки. При возврате с помощью отсечения шариков (3) длина участка может быть увеличена до  $l = (0,5 - 1,0)$ . Если принять угол

поворота шарика на переходных участках равным  $l_{ш} = 2l/d$ , учитывая, что  $l = \epsilon t^2/2$ , то совместное решение последних зависимостей с уравнением (1) дает следующую зависимость

$$\epsilon = \frac{\omega^2 D^2}{160 l} \quad (2)$$

Момент от сил инерции тел качения

$$M = j\epsilon = \frac{m^2 D^2 d}{160 l} \quad (3)$$

Касательные силы, действующие на рабочие поверхности резьбы винта и гайки со стороны тел качения, на переходных участках будут равны

$$F = \frac{M}{d} = \frac{m\omega^2 D^2}{160 l}$$

Таким образом, на рабочую поверхность резьбы винта действует дополнительная касательная нагрузка и момент. При наличии переходного участка в канале возврата, увеличивающего время изменения скорости при выходе из рабочей зоны и попадания в нее из канала возврата, сила  $F$  уменьшается. Как видно из проведенного анализа, условия возврата тел качения должны влиять и на усталостную прочность рабочих поверхностей резьбы винта. Поэтому, видимо [1], следы усталости рабочих поверхностей винтов шариковых винтовых механизмов появляются раньше, чем поверхностей подшипников качения, несмотря на то, что точность и качество рабочих поверхностных слоев исследованных винтовых механизмов качения были выше, чем подшипников качения.

#### Л и т е р а т у р а

1. Филонов И.П., Пикус М.Ю. Винтовые механизмы качения и перспективы использования их в металлорежущих станках. — Обзорная информация, сер. "Металлообработка". Минск, 1976. 2. Беляев В.Г., Коган В.И. Влияние погрешностей геометрических параметров на угол контакта шариков в передачах винт-гайка качения. — Станки и инструменты, 1973, № 5. 3. Филонов И.П. и др. Совершенствование устройств возврата шариковинтовых механизмов. — В сб.: Прогрессивная технология машиностроения. Минск, 1972, вып. 4.