

В.А. ВАЙСМАН, д-р техн. наук, **С.А. ВЕЛИЧКО**, Одесса, Украина

ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ШАРИКОВЫХ ВИНТОВЫХ ПЕРЕДАЧ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Застосування кулькових гвинтових передач, що перетворюють обертальний рух гвинта (гайки) в поступальне переміщення робочого органу, відкриває перспективи створення економічних механізмів завдяки довговічності, високій осьовій жорсткості, плавності руху, надійності при високих швидкостях, високій здатності до навантажень.

Применение шариковых винтовых передач, преобразующих вращательное движение винта (гайки) в поступательное перемещение рабочего органа открывает перспективы создания экономичных механизмов благодаря высокой способности к нагрузкам, долговечности, высокой осевой жесткости, плавности движения, надёжности при высоких скоростях.

The use of ball screw gears which convert rotational motion of the screw (nuts) in the forward movement of the working body opens up the prospect of creating efficient mechanisms due to its high ability to load, durability, high axial stiffness, smoothness of motion, reliability at high speeds.

Введение.

Винтовые передачи служат для преобразования вращательного движения винта (гайки) в поступательное перемещение рабочего органа механизма [1]. В некоторых случаях передачи используют для преобразования поступательного движения во вращательное, что обусловлено отсутствием самоторможения. Многообразие конструкций шариковых винтовых передач, методов изготовления и требуемых характеристик, в том числе для уникальных устройств, определяют широкий спектр их применения [2].

Цель публикации состоит в анализе характеристик шариковых винтовых передач, которые определяют высокую эффективность разработки моделей элементов передач в связи с открытой номенклатурой передач, изготавливаемых по специфическим уникальным требованиям конечного потребителя.



Рисунок 1 – Шариковая винтовая передача типа OMB01 и OMB05

Характеристика винтовых передач. Существуют винтовые передачи с телами качения шариками и роликами. В шариковых винтовых передачах (ШВП) нагрузка передается от гайки на винт через шарики, расположенные в канавках резьбы (рис. 1) [3]. В ШВП с однозаходной резьбой размер шарика ограничен примерно 70% шага резьбы. В связи с этим, общая площадь контакта относительно мала из-за малого числа полных витков шариков в гайке.

В ШВП трение скольжения заменено трением качения. Относительно большое трение не позволяет использовать винтовую передачу скольжения при больших оборотах или нагрузке. Трение скольжения также не обеспечивает необходимую плавность хода передачи, особенно в моменты начала движения.

ШВП с успехом применяются в станкостроении, в сталелитейной промышленности, в автомобилестроении, в устройствах манипуляционной и транспортной техники, в ядерных установках, в авиастроении, в военной и медицинской технике, во всех отраслях общего машиностроения. Столь широкое применение ШВП нашли за счет возможности обеспечить: работу при больших нагрузках; высокую плавность хода; долговечность; высокий КПД; малые усилия по перемещению; возможность работы при больших скоростях; точность позиционирования; большую жесткость; отсутствие люфта; возможность регулирования преднатяга. Указанные свойства обеспечиваются за счет: замены трения скольжения на трение качения; поверхностной твердости рабочих поверхностей HRC 59-61; оптимального соотношения диаметра шарика, радиуса профиля и угла контакта; правильного выбора типоразмера ШВП.

Однако наряду с преимуществами ШВП имеют и недостатки: сложность конструкции гайки; ограничение по длине винта (из-за накапливае-

мой погрешности); ограничение по скорости вращения винта (из-за вибрации); высокую стоимость (исполнения с шлифованным винтом) [3].

Указанные характеристики определяют высокую эффективность разработки моделей элементов ШВП для САПР в связи с открытой номенклатурой передач, изготавливаемых по специфическим уникальным требованиям конечного потребителя.

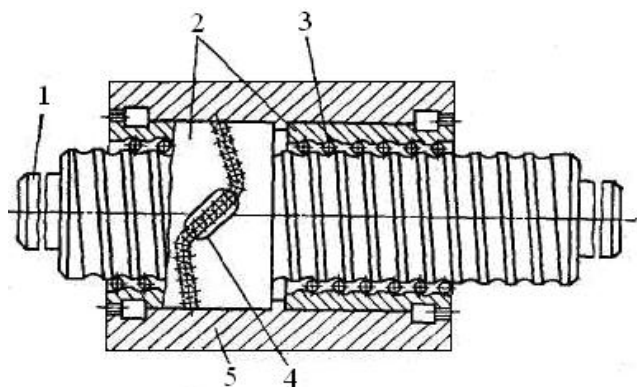


Рисунок 2 – Шариковая винтовая передача

Конструкция ШВП.

Передача винт – гайка качение содержит винт 1, гайку 2 (чаще две гайки), корпус 5, тела качения 3 (в данном случае шарики) и специальный вкладыш 4 (устройство для их возврата) (рис. 2). При вращении винта 1 (гайки) тела качения 3, находясь под действием приложенной си-

лы, совершают сложное движение, вращаясь вокруг своих осей и оси винта (гайки). При этом рабочий орган станка, соединенный с корпусом (винтом) 5, осуществляет поступательное перемещение. Устройство 4 для возврата тел качения обеспечивает их непрерывную циркуляцию в пределах замкнутого пространства, ограниченного гайкой.

По конструктивному исполнению ШВП различаются профилем резьбы винта (гаек), устройствами для возврата шариков и для регулирования предварительного натяга. Профили прямоугольный и трапецидальный просты в изготовлении, но из-за высоких контактных напряжений на беговых дорожках передачи с этими профилями имеют ограниченную статическую грузоподъемность и поэтому редко применяются в станкостроении. Профиль резьбы в виде стрельчатой арки позволяет уменьшить осевой зазор передачи и упростить геометрию канала возврата шариков. Контакт шариков с винтом и гайкой здесь осуществляется в четырех точках. Такие передачи содержат одну гайку, а их предварительный натяг осуществляется путем подбора диаметра шариков. Недостатком таких передач является то, что для компенсации изнашивания необходимо применять шарики большего диаметра. Это требует большого числа комплектов шариков, отличающихся по диаметру на 1 мкм.

Достаточно распространенным профилем резьбы винта и гайки является полукруглый профиль с углом контакта 45° . Такой профиль позволя-

ет изготавливать винты и гайки с меньшей глубиной резьбы, что повышает технологичность конструкции.

Важным элементом передачи является устройство для возврата шариков, в большой степени влияющее на плавность и надежность передачи. Известно большое число конструктивных исполнений устройств для возврата шариков. В зависимости от вида каналы возврата можно классифицировать следующим образом.

- Канал возврата фрезеруют непосредственно в гайке. Направление шариков в канал осуществляется специальными отсекателями, которые крепятся к гайке. Недостатком такой конструкции является сложность изготовления отсекателя и его недостаточная надежность и долговечность.



Рисунок 3 – Возврат шариков от последнего витка к первому

- Каналом возврата служит продольное отверстие в гайке и соединяющее конец последнего витка с началом первого. Недостатком этой конструкции является то, что на небольшом участке шарики должны описывать крутой поворот, что приводит к возрастанию трения и ухудшению плавности перемещения передачи (рис. 3).



Рисунок 4 – Возврат шариков по трубке

- Канал возврата представляет собой изогнутую трубку (рис. 4), концы которой вставлены в специальные отверстия в гайке по касательной к поверхности резьбы. Направление шариков в трубку осуществляется специальными отражателями. В этой конструкции увеличены радиальные размеры гаек. Надежность и долговечность отражателей низка.

- Канал возврата, соединяющий два смежных витка резьбы гайки, выполнен в специальном вкладыше 4, который устанавливают в окно гайки (рис. 2 и рис. 5). Эту конструкцию применяют наиболее часто. Вкладышем шарики направляются из впадины одного витка винта через выступ во впадину соседнего витка. В зависимости от числа рабочих витков гайки (чаще всего их три) шарики разделены вкладышами на

такое же число независимо групп. Преимуществами конструкции передачи с вкладышами по сравнению с другими известными конструкциями являются малые радиальные размеры гайки, отсутствие ненадежных и быстроизнашивающихся деталей, минимальная длина канала возврата шариков. Существует ряд конструктивных исполнений вкладышей и методик расчета координат канала возврата в них. В одних конструкциях стальные вкладыши, точно пригнанные по резьбе гайки, запаяны, в других — запрессованы. Запрессованные вкладыши, в отличие от запаянных, деформируют резьбу, изменяют внутришаговую и накопленную погрешность шага, приводят к деформации упорного торца гайки. Недостатком запаянных вкладышей является высокая трудоемкость и не технологичность сборки.

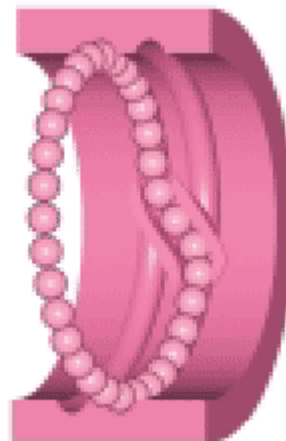


Рисунок 5 – Возврат шарика во впадину соседнего витка

В последнее время получили распространение «плавающие» вкладыши, перемещающиеся в окне гайки. Чтобы вкладыши не выпадали в процессе эксплуатации, их удерживают корпусом, в который устанавливают гайки.

Предварительный натяг в передачах осуществляют для устранения зазора за счет деформации контактирующих тел. Благодаря этому натягу жесткость передачи возрастает и становится практически постоянной величиной, не зависящей от приложенной в дальнейшем осевой нагрузки.

Общепринятой технологией производства прецизионной резьбы ходовых винтов ШВП является метод абразивной обработки (шлифование). Данный метод позволяет изготавливать прецизионные ходовые винты:

- по классам точности P1, P3, P5 ISO 3408;
- с постоянством диаметра резьбы до 0,008 мм.

Однако в связи с высокой трудоемкостью и энергоемкостью технологии, а также зависимости длины обрабатываемой резьбы от технологической возможности оборудования для шлифования резьбы, производство прецизионных винтов ШВП является дорогостоящим процессом с высокой себестоимостью продукции. Альтернативой общепринятому методу производства прецизионных винтов ШВП может стать технология накатки резьбы методом холодной пластической деформации стали.

Существует три основных метода накатки:

- тангенциальный – плоскими плашками, резьбовым сегментом и роликом;
- радиальный – двумя затылованными роликами, тремя роликами с кольцевым профилем резьбы;
- осевой – в зависимости от направления подачи инструмента и заготовки – двумя роликами с винтовым профилем резьбы, двумя роликами с кольцевым профилем резьбы, тремя роликами с винтовым профилем резьбы.

Основными особенностями происходящей при накатке пластической деформации являются: возможность значительных деформаций без разрушений металла; существенное упрочнение поверхностных слоев и связанное с этим повышение нагрузочной способности накатанных деталей.

Изменение физико-механических свойств поверхностного слоя металла в процессе накатывания профиля оказывает большое влияние на усталостную прочность деталей. Образующийся наклеп поверхностного слоя и текстура металла в значительной степени повышают циклическую прочность деталей. Этому способствуют также остаточные напряжения сжатия в поверхностном слое металла, что также подтверждает целесообразность широкого применения способа накатывания вместо обработки резанием.

Выводы.

Шариковые винтовые передачи являются сложным устройством для преобразования вращательного движения винта (гайки) в поступательное перемещение рабочего органа. Качество ШВП определяется на стадии проектирования с учетом методов изготовления, требуемых характеристик и выбранной конструкции. Поэтому разработка теоретических основ и методологии создания САПР в части формализации моделей объектов проектирования, целей и критериев и проблемная адаптация проектов могут быть с высоким качеством реализованы с применением специализированной САПР ШВП.

Список использованных источников: 1. Москалюк, Р.Ю. Особенности контроля качества при накатывании винтов для шариковых винтовых передач / Р.Ю. Москалюк, В.А. Вайсман // Тр. Одес. политехн. ун-та: Спецвып. – Одесса : ОНПУ, 2006. – С. 116 – 120. 2. Вайсман, В.А. Управление продуктом с браком при доводке винтов шарико-винтовых передач / В.А. Вайсман // Тр. Одес. политехн. ун-та. – № 2(28). – Одесса: ОНПУ, 2007. – С. 289 – 292. 3. Вайсман, В.А. Управление временем доводок для обеспечения точности шариковых винтовых передач / В.А. Вайсман, Р.Ю. Москалюк, В.В. Натальчишин // Резание и инструмент в технологических системах. – Вып. 70. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2006. – С. 70 – 75.