

ВЫБОР МУФТЫ ДЛЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДАТЧИКОВ В ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ С СИСТЕМОЙ СИНХРОННОЙ СВЯЗИ

Коршунов О.С., Алещенко Б.Ф.

В настоящее время в парке зубофрезерных станков (ЗС) ведущих стран мира преобладают станки с электронными связями формообразующих движений (ЭСФД). Эти станки обладают рядом очень важных преимуществ перед ЗС с механическими связями, а именно: высокая точность обработки, повышенная производительность, быстрая переналадка, возможность реализации новых циклов обработки, возможность автономной работы, работы в составе ГПМ и др. Поэтому освоение выпуска таких станков является актуальной задачей.

Основной кинематической цепью любого ЗС является цепь обката, связывающая вращение шпинделя червячной фрезы со шпинделем изделия (стола). В ЗС с ЭСФД эту цепь можно разбить на следующие участки: механический участок цепи фрезы - от шпинделя червячной фрезы до задающего датчика угла; механический участок цепи стола - от шпинделя изделия до датчика обратной связи; электронная следящая система - блок синхронной связи и следящий привод цепи стола.

С целью уменьшения влияния погрешностей механических участков цепей соответствующие датчики должны быть максимально приближены к шпинделям, а в идеале быть установленными прямо на шпинделях. Датчик обратной связи в цепи стола может быть установлен или на червяке делительной передачи, или прямо на шпинделе изделия. Во втором случае следящая система компенсирует погрешность самой делительной червячной передачи, что может значительно повысить точность ЗС. В частности, из-за резкого уменьшения накопленной ошибки в цепи стола, расширяется допуск на сменные оправки заготовок в ГПМ, что облегчает автоматизацию обработки зубчатых колес. Однако в этом случае значительную роль играют погрешность датчика и погрешность в элементе, соединяющем датчик со шпинделем изделия и компенсирующем несоосность их осей. Датчики могут быть изготовлены с очень малой погрешностью, порядка $\pm 2''$.

Очевидно, что соединительный элемент - муфта - должна давать не большую погрешность, чем датчик. Для выбора муфты с погрешностью, отвечающей этому требованию рассмотрим два варианта муфт, которыми можно соединить датчик со шпинделем изделия.

1. Крестовая муфта с телами качения. Эскиз муфты приведен на рис.1. Цифрами обозначено: 1 - правая полумуфта; 2 - левая полумуфта; 3,4 - сепараторы с телами качения; 5 - промежуточный диск; 6 - рабочие шарики. В отличие от общезвестной крестовой муфты, здесь введены тела качения, что позволяет более точно компенсировать несоосность соединяемых деталей, и изменена конструкция таким образом, чтобы действующие силы располагались в одной плоскости. Это позволяет избежать перекосов муфты и, тем самым, ее ошибок. Угловую погрешность муфты можно рассчитать как

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta l}{R}$$

где Δl - линейная ошибка работы муфты (см. рис.1), R - радиус муфты. В ошибку Δl входят следующие погрешности: некруглость рабочих шариков; неплоскостность поверхностей, контактирующих с шариками; упругая и контактная деформация шариков и поверхностей, контактирующих с ними. Некруглость шариков примем $\Delta r = 0,5$ мкм, а неплоскостность $\Delta p = 2$ мкм. Предположим, что эти погрешности и погрешности 4 контактирующих участков муфты складываются по квадратичному закону. Тогда общая погрешность, зависящая от формы рабочих элементов муфты составит

$$\Delta l_1 = \sqrt{4(\Delta r^2 + \Delta p^2)} = 0,0041 \text{ мм}$$

Соответствующая угловая погрешность, при радиусе муфты $R = 100$ мм

$$\Delta \varphi = \frac{0,0041}{100} = 8''$$

Как видно из расчета, ошибка муфты только от погрешности формы ее рабочих элементов, без учета их деформаций, в несколько раз превышает погрешность датчика и использование такой муфты для прецизионных ЗС не целесообразно.

2. Пружинная муфта. Эскиз муфты приведен на рис.2. Дифрамы обозначено: 1 - левая полумуфта; 2 - пружинная часть; 3 - правая полумуфта. Муфта не содержит подвижных элементов и работает за счет деформации своей пружинной части. При этом из-за формы сечения продольной части муфты жесткость на сдвиг между осями соединяемых ею элементов значительно ниже крутильной жесткости муфты. Приблизительно сравнительную оценку этих жесткостей можно сделать если развернуть пружинную часть в виде балки с заделанным концом с прямоугольным сечением. Длина балки l , ширина b , высота h .

Определим жесткость на сдвиг. Наибольший прогиб балки если κ ее свободно-му концу приложена сила P (это является компенсируемым смещением осей шпинделя и датчика)

$$\Delta_1 = \frac{Pl^3}{3EJ_x}$$

где E - модуль упругости для стали, J_x - осевой момент инерции относительно оси X , $J_x = hb^3/12$.

Жесткость на сдвиг

$$K_{сд} = \frac{P}{\Delta_1} = \frac{Ehb^3}{4l^3}$$

Длину l можно рассчитать как $l = nld_{ср}$,

где $d_{ср}$ - средний диаметр муфты, n - число ее витков. Тогда

$$K_{сд} = \frac{Ehb^3}{4(nld_{ср})^3}$$

Определим крутильную жесткость муфты. Угол поворота сечения балки, в котором приложен момент (ошибка муфты)

$$Q = \frac{Ml}{EJ_y}$$

где J_y - осевой момент инерции относительно оси Y , $J_y = \frac{bh^3}{12}$

Крутильная жесткость муфты $K_{кр} = \frac{M}{Q} = \frac{Ebh^3}{12l} = \frac{Ebh^3}{12nld_{ср}}$

Нагрузка, действующая на муфту, не может превышать $P = 0,1$ кг, $M = 1$ кг см. При значениях $b = 10$ мм, $h = 50$ мм, $d_{cp} = 100$ мм и $p = 4$ ошибка муфты не превышает $Q = 1''$ при компенсируемом смещении осей Δ_1 до $0,6$ мм. Такие параметры подходят для прецизионного ЗС и соединение датчика со шпинделем стола следует проводить муфтой пружинного типа.

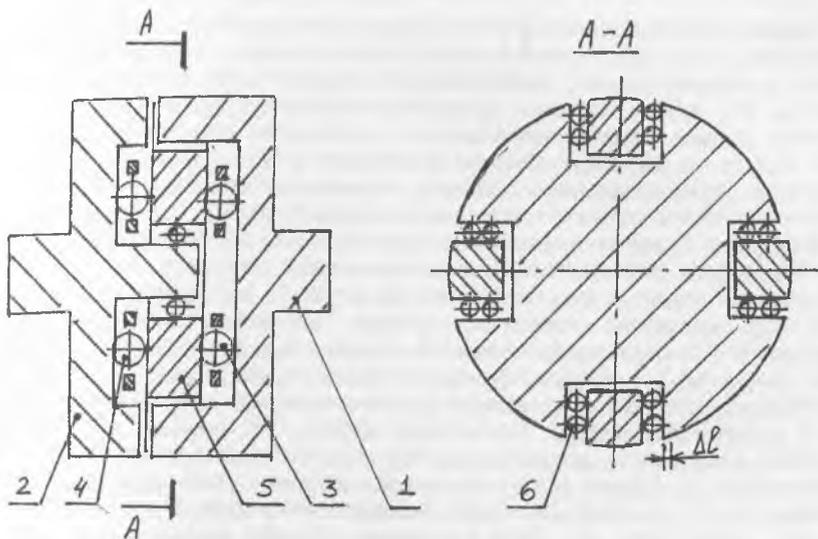


Рис. 1. Крестовая муфта с телами качения.

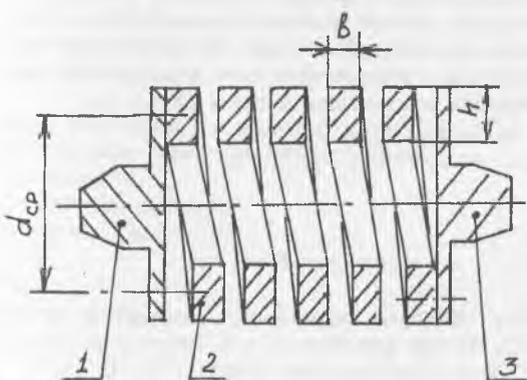


Рис. 2. Пружинная муфта.