

УДК 621.822.5.001.5

О.Н.Гришина (6 курс, каф. ГАК), В.А.Прокопенко, к.т.н., доц.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ В ШПИНДЕЛЬНОЙ БАБКЕ РАСТОЧНОГО МОДУЛЯ

При модернизации гибкого модуля ЛР400ПМФ-4, с целью повышения технологичности изготовления и виброустойчивости, за счет замены направляющих качения шпиндельной бабки на гидростатические направляющие (ГСН), выполнен анализ деформаций на конце шпинделя, который показал, что общие деформации складываются из следующих составляющих:

- деформация, обусловленная прогибом шпинделя при действии на него нагрузки (δ_1);
- деформация, обусловленная собственно податливостью опор шпинделя (δ_2);
- деформация, вызванная угловым поворотом шпиндельной бабки из-за податливости опор направляющих стойки (δ_3).

Расчетная схема для определения деформаций, связанных с прогибом шпинделя при действии на него нагрузки, представлена на рис. 1.

С учетом того, что технологический вылет $a = 0,30$ м, межопорное расстояние $L = 0,46$ м, максимальное значение радиальной составляющей силы резания $R = 15$ кН, определяем

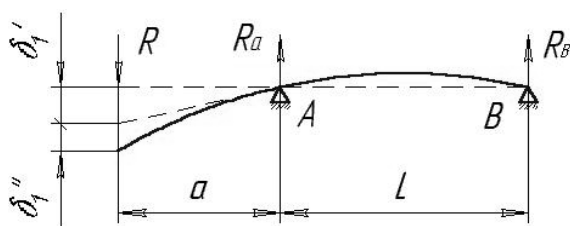


Рис. 1. Схема нагружения шпинделя

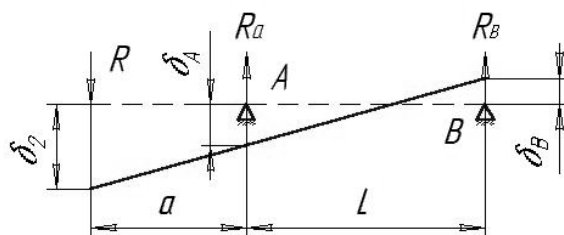


Рис. 2. Расчетная схема для определения деформаций, обусловленных податливостью опор шпинделя

значения опорных реакций R_A и R_B , равные соответственно 25,6 кН и 10,1 кН.

Общая деформация шпинделя δ_1 составляет:

$$\delta_1 = \delta_1' + \delta_1'' = 90 \cdot 10^{-6} + 58,9 \cdot 10^{-6} = 148,9 \cdot 10^{-6} \text{ мкм}$$

Расчетная схема для расчета деформаций в опорах шпинделя представлена на рис. 2.

По принципу суперпозиции, для расчета деформаций в гидростатических опорах (ГСО) шпинделя, делаем допущение, что шпиндель абсолютно жесткий. Деформация в центре каждой ГСО вычисляется по формуле [1]:

$$\delta = \frac{R}{c},$$

где c – жесткость опор шпинделя.

В результате расчетов получены следующие значения деформаций в центрах опор: $\delta_A = 11,5$ мкм и $\delta_B = 4,5$ мкм. Для пересчета деформаций на конец шпинделя рассмотрим расчетную схему, представленную на рис. 3.

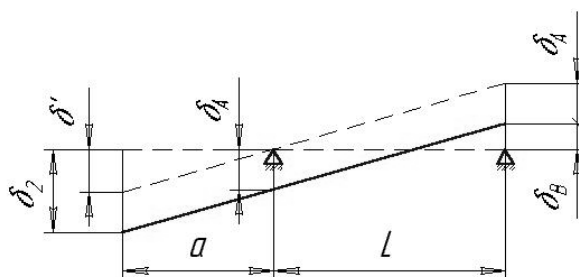


Рис. 3. Расчетная схема для пересчета деформаций на конец шпинделя.

Из соотношения: $\frac{\delta_A + \delta_B}{L} = \frac{\delta'}{a}$, где δ' – доля деформации δ_2 , обусловленная

поворотом шпинделя относительно опоры А, получаем $\delta' = 10,4$ мкм.

Суммарная деформация δ_2 составляет:

$$\delta_2 = \delta' + \delta_A = 10,4 + 11,5 = 21,9 \text{ мкм} .$$

Для определения деформаций, вызванных угловым поворотом корпуса шпиндельной бабки из-за податливости опор направляющих стойки, рассмотрим два варианта схемы регулирования питания ГСН:

1. дроссель-дроссель (в базовой и в замыкающей ГСО применяются дроссельные системы управления);
2. регулятор-дроссель (в базовой ГСО – регулятор, в замыкающей – дроссель).

Сравнение осуществляется путем определения деформаций на конце шпинделя в зависимости от выбранной системы регулирования.

Анализ полученных результатов производится для чистовых видов обработки ($R_q = 1000$ Н). Исходя из того, что максимальная расчетная сила резания составляет 15 кН, R_q уменьшается в 15,5 раза. Следовательно, деформации шпинделя и его опор (все зависимости линейны) также в 15,5 раз меньше полученных величин. Тогда при чистовых режимах деформации шпинделя $\delta'_1 = 5,8$ мкм и $\delta''_1 = 3,8$ мкм, суммарное значение $\delta_1 = 9,6$ мкм; деформации δ_2 в опорах шпинделя при пересчете на конец шпинделя равны 1,4 мкм.

Сила $R_q = 1000$ Н создает в ГСО смещение $x = 0,3$ мкм (при системе регулирования по варианту 1). Тогда при пересчете на конец шпинделя, деформация равна $\delta_3 = 0,15$ мкм. Соответственно, деформация в несущей опоре при системе регулирования по варианту 2, равна 0 мкм.

В результате, получаемое повышение точности, приведенное к концу шпинделя, при системе регулирования по варианту 2. относительно системы регулирования по варианту 1, составит 1,4%.

В общем балансе деформаций на конце шпинделя, доля деформаций собственно шпинделя, многократно превышает деформации, обусловленные податливостью ГСО шпинделя и направляющих, поэтому использование в системе управления более сложного регулятора является не рациональным, несмотря на то, что он значительно снижает статическую ошибку в ГСН. Поэтому рекомендуется при замене направляющих качения в станке ЛР400ПМФ-4 на ГСН, применять дроссельную систему регулирования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Методические указания по выполнению расчётов и проектированию подшипников современных высокопроизводительных металлорежущих станков / Дудески Л., Петков П.П., Прокопенко В.А., Яцкевич А.А. – Л.: ЛГТУ, 1990 – 37с.