

ШПИНДЕЛЬНЫЙ УЗЕЛ ТОКАРНОГО СТАНКА С ГИДРОСТАТОДИНАМИЧЕСКИМ ПОДШИПНИКОМ С САМОУСТАНОВЛИВАЮЩИМИСЯ ВКЛАДЫШАМИ В ПЕРЕДНЕЙ ОПОРЕ

Иванов В. Ф.

ГОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет»
Ижевск, Россия.

За последние годы, в связи с широким применением новых инструментальных материалов, значительно повысилась быстроходность шпиндельных узлов металлорежущих станков. Поэтому задача совершенствования конструкций шпиндельных подшипников является актуальной.

В лаборатории кафедры «Автомобили и металлообрабатывающее оборудование» ИжГТУ были проведены экспериментальные исследования шпиндельного узла на базе токарного станка мод. 97ИТ для тонкого точения. В передней опоре шпинделя установлен гидростатодинамический подшипник с четырьмя самоустанавливающимися вкладышами по типу подшипника ЛОН – 34 для восприятия радиальных нагрузок. На рабочей поверхности вкладышей размерами $B \times L = 40 \times 45$ мм выполнены прямоугольные замкнутые карманы $B_k \times L_k = 16 \times 18$ мм глубиной $H_k = 3$ мм, в которые через регулируемые дроссели подводилось масло (И-12А) под давлением $p_k = 2$ МПа от насоса с давлением $p_n = 4$ МПа. Отношение давлений $p_k/p_n = 0,5$ обеспечивает максимальную жесткость масляного слоя в зазоре между поверхностью шпинделя и рабочей поверхностью вкладышей. Вкладыши опираются на сферические поверхности опорных винтов, которые позволяют регулировать монтажный диаметральный зазор в подшипнике.

В задней опоре шпинделя установлены два радиально-упорных шарикоподшипника (типа 46209К) с предварительным натягом. Вращение шпинделю сообщалось через поликлиновую ременную передачу с передаточным отношением $i = D_1/D_2 = 150/100 = 1,5$ от электродвигателя постоянного тока (ПБСТ-42, $P_n = 4$ кВт, $n = 30 \dots 3000$ об/мин) с тиристорным силовым преобразователем, который обеспечивает бесступенчатое изменение частоты вращения шпинделя $n_{ум}$ от 45 до 4500 об/мин.

На станке были проведены испытания шпиндельного узла с целью определения его статической и динамической жесткости. Нагружение осуществлялось тензометрическим динамометром, а перемещение шпинделя измерялось бесконтактным индуктивным датчиком в комплекте с тензостанцией мод. УМ-131. Регистрация результатов измерения производилась на пленке шлейфовым осциллографом мод. Н-115.

При монтажном диаметральный зазоре 0,01 мм статическая жесткость подшипника составила 15 кгс/мкм. В данном случае шпиндель не вращался, а масло от насоса высокого давления подавалось в карманы вкладышей, т.е. осуществлялся гидростатический режим смазки.

При вращении шпинделя с частотой $n_{ум}$ к гидростатическому давлению в масляном слое на рабочей поверхности вкладышей добавляется гидродинамическое давление, т.е. возникает комбинированный гидростатодинамический режим смазки, приводящий к увеличению несущей способности вкладышей и динамической жесткости подшипника с увеличением $n_{ум}$.

В процессе работы первоначально установленный в подшипнике диаметральный зазор увеличивается из-за податливости опорных элементов вкладышей в радиальном направлении. Также происходит поворот вкладышей относительно центра сферы опорных винтов на угол, который определяется коэффициентом конфузурности $K = h_1/h_2$, где h_1 , и h_2 - величина зазора в масляном слое, соответственно, на входной и выходной рабочих кромках вкладышей. Для обеспечения оптимального режима гидродинамической смазки коэффициент конфузурности должен быть равным 2,2, что достигается смещением центра сферической опорной поверхности на расстояние 0,1В относительно центра вкладыша к выходной кромке. На такое же расстояние смещается и центр кармана на рабочей поверхности вкладыша.

Точность вращения шпинделя оценивалась по результатам измерений некруглости и шероховатости поверхностей, обработанных алмазным точением образцов с наружным диаметром 40 мм из латуни ЛС59-1. Образцы закреплялись на оправке, которая устанавливалась в коническом отверстии шпинделя. Алмазное точение осуществлялось с постоянной глубиной резания $t = 0,1$ мм и продольной подачей $S_{пр} = 0,01$ мм/об при изменении $n_{ум}$. Некруглость цилиндрической поверхности образцов измерялась на кругломере мод. 218, а шероховатость - на профилометре-профилографе мод. 201 производства завода «Калибр».

При изменении $n_{ум}$ от 50 до 2000 об/мин некруглость обработанных образцов не превышала $\hat{O}R = 1 \dots 2$ мкм, а шероховатость - $R_a = 0,2 \dots 0,32$ мкм. С увеличением $n_{ум}$ до 4000 об/мин некруглость увеличивалась до $\hat{O}R = 3,5$ мкм, а шероховатость до $R_a = 0,6$ мкм, что объясняется динамическими силовыми возмущениями со стороны элементов привода станка.

Результаты исследования показали, что подшипник можно рекомендовать для применения в шпиндельных узлах токарных, расточных и шлифовальных станков высокой точности.

Реферат на русском: В статье приведены результаты экспериментальных исследований шпиндельного узла токарного станка с гидродинамическими подшипниками с самоустанавливающимися вкладышами в передней опоре.

Реферат на английском: The article consists of the pilot research results of the lathe spindle block with the hydrostatic/hydrodynamic bearing with self-stabilizing bushes in the front pillow block.