

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

\*Космынин А.В., Шаломов В.И.

*Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет*

*Комсомольск-на-Амуре, Россия*

\*kks@knastu.ru

Одним из приоритетных направлений развития современного производства деталей летательных аппаратов является высокоскоростная механическая обработка. Ее внедрение в авиационную промышленность позволяет повысить производительность труда при одновременном повышении точности обработки и качества изготовления деталей.

Важным фактором успешной реализации высокоскоростной обработки является тип опор, применяемых в шпиндельных узлах (ШУ) металлообрабатывающих станков. В основном шпиндели устанавливают на опоры качения, что приводит к нестабильной траектории движения шпинделя, тепловым смещениям подшипниковых узлов, ограниченному ресурсу ШУ и т.д. Перечисленных недостатков лишены ШУ с подшипниками на газовой смазке.

Газовые подшипники способны надежно работать при высокой и низкой температуре и влажности, их применение исключает загрязнение окружающей среды, уменьшает уровень шума и вибрации. Такие подшипники практически лишены износа, поэтому высокие показатели точности вращения шпинделя сохраняются практически весь срок эксплуатации станков.

Различные вопросы разработки и исследований высокоскоростных шпинделей с подшипниками на газовой смазке рассмотрены в целом ряде работ. При этом во всех представленных конструкциях ШУ использовались газовые опоры с дроссельными ограничителями расхода. Вместе с тем анализ подшипников с внешним наддувом газа показывает, что при сравнительно высокой скорости вращения вала лучшие эксплуатационные характеристики имеют частично пористые газостатические опоры.

С целью определения одних из главных эксплуатационных характеристик ШУ - точности вращения вала и температурного состояния опор, в КнАГТУ проведен комплекс экспериментов по исследованию динамического положения шпинделей, работающих на газовых опорах с пористыми вставками и дросселями. Эксперименты выполнены с использованием автоматизированной системы исследований, построенной на базе персонального компьютера, которая позволяет решать следующие задачи: определять уровень нагрева опор и частоту вращения вала, измерять перемещение вращающегося вала в смазочном слое подшипников, строить траекторию движения оси вала.

В комплексе экспериментов по исследованию нагрева вкладыша газостатической опоры с пористыми вставками использовался установленный между линиями наддува в центре нагруженной части подшипника кремниевый датчик LM 135 группы «А» фирмы National Semiconductor с аналоговым выходом.

Датчик LM 135 располагался на расстоянии 1 мм от внутренней поверхности вкладыша. Три его провода через соединительную колодку соединялись с платой датчика, которая в свою очередь парой проводов подключалась к плате сопряжения. Для предотвращения замыканий проводов на корпус подшипника они изолировались гибкими пластиковыми трубками, которые на выходе из корпуса с целью устранения утечки сжатого воздуха из рабочей камеры уплотнялись эпоксидной смолой.

Исследования температурного состояния газостатической опоры с пористыми вставками проведены при различном абсолютном давлении наддува ( $p_s = 0,4 \dots 0,6$  МПа), относительном эксцентриситете ( $e = 0,23 \dots 0,58$ ) и быстроходности вала (до  $1,27 \cdot 10^6$  мм/мин). Наибольшее наблюдаемое в опытах повышение температуры в нагруженной части опоры составило  $1,9$  °С. В целом результаты экспериментов позволили сделать вывод о незначительном для теплового смещения подшипниковых узлов нагреве вкладыша шпиндельной газостатической опоры с пористыми вставками.

Определение динамического положения вала производилось двумя расположенными у консоли вала емкостными датчиками, один из которых устанавливался в вертикальной плоскости, а другой в горизонтальной. Частотные сигналы от емкостных датчиков обрабатывались с помощью оригинальной платы сопряжения с ПЭВМ.

Исследования точности вращения вала на газостатических опорах с пористыми вставками и питающими отверстиями проведены при абсолютном давлении наддува  $p_s = 0,3$  МПа. Параметр режима подшипников составлял  $\bar{m} = 7,2$ . Частота вращения вала изменялась от  $12700$  мин<sup>-1</sup> до  $25400$  мин<sup>-1</sup>, что соответствовало изменению быстроходности вала  $d \times n = (0,63 \dots 1,27) \cdot 10^6$  мм/мин.

Качественный анализ траекторий движения шпинделя показал на практическое отсутствие их размытости, т.е. ось вала двигалась по постоянной траектории, занимая стабильное положение в подшипниках. Количественная оценка результатов наблюдений показала на заметное снижение погрешности вращения вала, работающего на опорах с пористыми вставками по сравнению с дроссельными питателями. Установлено, что уменьшение радиального биения шпинделя составляет  $16 \dots 22\%$ .

Результаты экспериментов позволили сделать вывод о широкой перспективе использования такого типа газовых опор в высокоскоростных ШУ металлообрабатывающих станков.