

## АЭРОСТАТИЧЕСКИЕ ШПИНДЕЛЬНЫЕ ОПОРЫ С ЧАСТИЧНО ПОРИСТОЙ СТЕНКОЙ ВКЛАДЫША

Космынин А.В., Шаломов В.И.

*Комсомольский-на-Амуре государственный  
технический университет,  
Комсомольск-на-Амуре*

Достижение высокой точности и параметрической надежности металлообрабатывающего оборудования является важной проблемой высокоразвитого машиностроения.

Уже на стадии проектировочных расчетов требуется создание таких узлов и элементов станков, которые бы в течение всего эксплуатационного периода обеспечивали заданную точность обработки. Исследования по оценке влияния различных факторов на точность обработки говорят, что ее до 80% определяет шпиндельный узел (ШУ). Поскольку движение формообразования осуществляется шпинделем и шпиндельными подшипниками, то именно они вносят решающий вклад в выходные характеристики.

Работа ШУ на опорах качения сопровождается нестабильной траекторией движения шпинделя, тепловыми смещениями подшипниковых узлов, периодическим изменением жесткости подшипников, что связано с изменением угла поворота сепаратора с комплектом тел качения и т.д. Применение в конструкциях высокоскоростных ШУ гидростатических подшипников приводит к ограничению частоты вращения шпинделя (из-за потерь на трение) и усложнению конструкции опорного узла. Шпиндели на электромагнитных опорах пока не нашли широкого применения в ШУ вследствие сложности и высокой стоимости шпинделей и электронных систем управления. Таких недостатков лишены ШУ с подшипниками на газовой смазке.

Наибольший эффект применения опор на газовой смазке в станкостроении достигнут при создании высокоскоростных ШУ фрезерно-сверлильных станков для обработки плат печатного монтажа, внутришлифовальных и расточных станков для обработки отверстий малых диаметров.

Многолетний опыт ЭНИМС по эксплуатации высокоскоростных ШУ на газовых опорах в условиях мелкосерийного и серийного производства позволил выявить их основные преимущества по сравнению с ШУ на опорах качения: большая долговечность, определяемая временем работы шпинделя при неизменном качестве шлифования; большая масса и жесткость шпинделя, уменьшающие чувствительность к дисбалансу оправки и круга, позволяют улучшить качество шлифуемой поверхности; отсутствие времени для прогрева шпинделя; значительно меньший (в 4...5 раз) уровень вибрации; меньший износ шлифовального круга.

Газовые опоры ШУ имеют и определенные недостатки, которые заключаются в относительно небольшой жесткости, несущей и демпфирующей способности смазочного слоя. Поэтому такие опоры применяют в малонагруженных ШУ, когда динамические нагрузки малы, а статические регламентированы.

Анализ промышленных конструкций ШУ с опо-

рами на газовой смазке показывает, что в их состав входят подшипники с дроссельными ограничителями расхода, характеристики которых достаточно хорошо изучены. Между тем, теоретические и экспериментальные исследования, выполненные в КнАГТУ, позволили сделать вывод, что имеется заметный резерв улучшения эксплуатационных характеристик ШУ путем использования аэростатических подшипников с частично пористой стенкой вкладыша.

Так, расчетным путем установлено, что в области рабочих значений нагрузок, воспринимаемых валом, коэффициент радиальной жесткости частично пористых подшипников выше, чем у шпиндельных опор с дроссельными отверстиями в среднем на 10...30%, коэффициент угловой жесткости на 30...35%, коэффициент несущей способности на 10...20%.

Дополнительно проведено сравнение жесткости на шлифовальном круге шпинделя, работающего на газостатических опорах с пористыми вставками и дроссельными отверстиями на примере их применения в отраслевой конструкции электрошпинделя мод. А24/25. Получено, что при установке шпинделя на опоры с частично пористой стенкой вкладыша жесткость на шлифовальном круге можно увеличить примерно на 23%.

Экспериментальные исследования шпинделя на газовых опорах с пористыми и дроссельными ограничителями расхода показали на повышение точности вращения шпинделя (16...22%) при работе на частично пористых подшипниках.

Результаты исследований эксплуатационных характеристик аэростатических подшипников с частично пористой стенкой вкладыша легли в основу создания высокоскоростного шпиндельного узла, внедренного в производство в Комсомольском-на-Амуре филиале ОАО «ОКБ Сухого». Шпиндельный узел эксплуатируется в составе шлифовального станка мод. 3А228.

При избыточном давлении воздуха 0,5 МПа шпиндель развивает частоту вращения 32000 мин<sup>-1</sup> и быстроходность  $d \cdot n$ , равную  $9,6 \cdot 10^5$  мм/мин.

Испытания опытного образца внутришлифовальной головки показали хорошее качество шлифуемой электрокорундовым кругом 25СТ18К поверхности отверстий (сталь X18H10T, шероховатость  $R_a$  не более 0,04 мкм), высокую точность ее обработки (отклонение от круглости не более 0,2 мкм, волнистость поверхности на доводочном режиме не обнаружена) и безотказную работу газовых опор. Установлено также, что при работе на разработанной конструкции головки износ шлифовального круга уменьшается в 1,4 раза по сравнению с отраслевой конструкцией головки мод. ВШГ 000.000РЭЭ на опорах качения. При этом производительность труда возрастает в 2,3 раза.