

2. Исследовать следующие величины и процессы:
 - балансы токов в электролитах и электродах,
 - толщину и состав осаждаемого слоя,
 - кинетику протекающих реакций.
3. Провести анализ полученных характеристик: напряжение в осадке; твёрдость; удельное электрическое сопротивление; качество поверхности и шероховатость; толщина осажденного слоя; балансы токов в электролитах и электродах; кинетика протекающих реакций.
4. Провести физический эксперимент с целью проверки адекватности модели. Таким образом, моделирование процесса гальванического осаждения при изготовлении сложнопрофильного ЭИ, является эффективным методом. Он позволяет произвести доводку конструкции ЭИ для ЭХО различных деталей, в том числе и для обработки профиля лопаток компрессора ГТД.

УДК 621.941.08

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА АНИЗОТРОПИЮ УПРУГИХ СВОЙСТВ ПЕРЕДНЕЙ ОПОРЫ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА ТОКАРНОГО СТАНКА

©2016 А.Ф. Денисенко, М.В. Якимов

Самарский государственный технический университет

INFLUENCE OF TEMPERATURE FACTOR ON ELASTIC ANISOTROPY OF FRONT SUPPORT SPINDLE UNIT ON LATHE MACHINE

Denisenko A.F., Yakimov M.V. (Samara State Technical University, Samara, Russian Federation)

The article discuss the relationship between persistence stiffness of bearing spindle assembly on lathe machine in different directions and its thermal deformation. It has been established experimentally that when the machine is warming the contact mating surfaces in the bearings of the spindle assembly will improve. Has been maintained the anisotropy of the rigidity but it has clearly oriented character.

Производство авиационных двигателей и внедрение прогрессивных технологий невозможно без использования современных металлообрабатывающих станков. От совершенства станочного оборудования напрямую зависит качество изготавливаемой продукции. Шпиндельный узел металлорежущего станка оказывает значительное влияние на формирование погрешностей обработки. Он подвержен действию эксплуатационных нагрузок и различных процессов, что со временем приводит к снижению заданных параметров точности. Шпиндельный узел, как правило, представляет собой двухопорный вал. Опорами узла являются, в большинстве случаев, подшипники качения различных типов.

Одной из характеристик шпиндельного узла, оказывающих наибольшее влияние на его динамические показатели, является жёсткость. Именно жёсткость, а точнее, её постоянство как по величине, так и по направ-

лению, во многом определяет стабильность выходных параметров не только шпиндельного узла, но и станка в целом.

В тоже время стоит отметить, что жёсткость тесно связана с другими критериями работоспособности станка, в частности, тепловыми деформациями. Вследствие нагрева элементов и узлов оборудования, происходят тепловые деформации и изменение жёсткости стыков и посадок. Шпиндельный узел, а точнее, его опоры являются существенным источником тепловой энергии. Существуют различные способы компенсации температурных деформаций, например, в патенте [1] упругие тепловые деформаций подшипников шпинделей минимизируются за счёт силового воздействия на сопряжения наружных колец подшипников и поверхности отверстия корпуса. Стоит отметить, что температура может влиять как отрицательно, так и положительно на общий баланс жёсткости в упругой системе станка. В данной работе рас-

смачивается взаимосвязь между постоянством жёсткости передней опоры шпиндельного узла токарного станка в различных направлениях и температурными деформациями, возникающими вследствие нагрева опоры.

Жёсткость шпиндельного узла токарного станка определяют, как правило, в статике, прикладывая нагрузку в направлении действия силы резания, контролируя при этом упругие перемещения инструмента относительно заготовки. В работе [2] представлена конструкция устройства и методика оценки жёсткости шпиндельного узла токарного станка, в которых реализовано приложение нагрузки в любом из возможных направлений равнодействующей силы резания. Стоит отметить, что изменение вектора действия силы резания характерно для токарных станков с несколькими резцедержателями или револьверными головками с приводным инструментом.

Исследования, проведённые с использованием предложенного устройства, экспериментально подтвердили наличие анизотропии жёсткости опор шпиндельного узла на подшипниках качения по различным угловым направлениям, обусловленной макротоклонениями поверхностей шпиндельного узла, контактирующими с кольцами подшипников качения.

Для оценки влияния процессов, связанных с эксплуатацией станка, в частности тепловых, на анизотропию радиальной жёсткости опор шпинделя проводился натурный эксперимент по определению жёсткости передней опоры ШУ токарного станка с оперативным программным управлением SAMAT-400SC «Вектор» в два этапа: 1) измерение жёсткости на непрогретом станке (температура передней стенки шпиндельной бабки – 23,3 °С); 2) измерение жёсткости после работы станка на холостом ходу ($n_{шпинделя} = 2000$ об/мин) в течение часа (температура после часа работы – 56,4 °С).

Нагружение шпинделя осуществлялось шагами по 250 Н в диапазоне нагрузок от 1250 до 2500 Н с фиксацией значений радиальных перемещений шпинделя индикатором с точностью до 1 мкм. Каждое нагруже-

ние повторялось от 3 до 6 раз. Итоговое значение принималось как среднее арифметическое полученных значений.

Направление действия силы изменялось посредством поворота нагрузочного устройства на угол 45°. Таким образом, для выполненного эксперимента было выбрано восемь угловых положений оправки динамометра.

На основании данных полученных в ходе эксперимента, были построены годографы деформаций опоры шпиндельного узла при действии нагрузки в восьми направлениях до нагрева и после. Анализ формы годографов упругих радиальных деформаций показал, что нагрев опоры шпиндельного узла положительно влияет на жёсткостные характеристики опоры: величина жёсткости в среднем незначительно возрастает, годографы деформаций опоры после нагрева по своей форме не имеют ярко выраженных изломов (что характерно для непрогретого станка) и близки к эллипсу.

Таким образом, данный эксперимент показал, что при прогреве станка характер контакта сопрягаемых поверхностей в опорах шпиндельного узла улучшается: нивелируется влияние микроотклонений и волнистости контактирующих поверхностей. Анизотропия жёсткости сохраняется, но носит четко ориентированный характер, что позволяет прогнозируемо учесть её влияние на динамические процессы ШУ при его эксплуатации.

Библиографический список

1. Абульханов С.Р., Андрюхина Т.Н., Верещагина С.С., Денисенко А.Ф., Михайлов Л.Н., Якимов М.В., Способ компенсации упругих тепловых деформаций подшипников шпинделей металлообрабатывающих станков и устройство его реализующее: патент РФ №2542941; опубл. 08.10.2014 г.
2. Денисенко А.Ф., Якимов М.В. Учёт анизотропии упругих свойств передней опоры шпиндельного узла токарного станка при изготовлении деталей приборов // Вестник Самарского государственного технического университета, серия «Технические науки». 2015. №3(47). С.91-99.