

УДК 621.9.06:004.58

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛОВОЙ ФРЕЗЕРНОЙ ГОЛОВКИ

Шлаев К.И., Сабиров Ф.С.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
Москва, e-mail: kir.shl@ya.ru

В многоцелевых станках с ЧПУ часто применяются угловые фрезерные головки, их поломки приводят к простоям и дорогостоящему ремонту оборудования. Для разработки методики своевременного выявления неисправностей угловых фрезерных головок в статье описано проведенное исследование их динамических характеристик до и после восстановительного ремонта. Неисправность головки выражалась посторонним шумом, появляющимся при вращении шпинделя свыше 2000 об/мин, и сильным нагревом корпуса головки. Ремонт заключался в замене подшипников. С помощью датчиков были зарегистрированы колебания на корпусе угловой головки в статическом состоянии и в режиме холостого хода. После обработки сигналов с помощью программы nkRecorder были получены частотные характеристики – амплитудно-частотная (АЧХ), функция когерентности, служащая мерой оценки достоверности характеристик. Также были проведены измерения жесткости угловой фрезерной головки по трем осям станка. Был проведен сравнительный анализ формы полученных сигналов, который показал снижение шума, вызванного ударами. Анализ диаграмм показал отсутствие на спектре восстановленной угловой головки гармоник, характерных для поврежденных подшипников. Это позволило сделать вывод об успешном восстановлении неисправной угловой головки.

Ключевые слова: угловая фрезерная головка, виброакустическая диагностика, спектр, динамическая характеристика

RESEARCH OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE ANGULAR MILLING HEAD

Shlaev K.I., Sabirov F.S.

Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, e-mail: kir.shl@ya.ru

Angular milling heads are often used in multi-purpose CNC machines, their breakdowns lead to downtime and expensive repairs. The research of their dynamic characteristics before and after restoration repair was carried out in the article to develop a technique for timely detection of failures of angular milling heads. The malfunction of the head was expressed by extraneous noise that appears when the spindle rotates over 2000 revolutions per minute and strong heating of the head body. The repair consisted in replacing bearings. With the help of sensors, vibrations were recorded on the body of the angular head in a static state and in idle mode. After processing the signals using the nkRecorder program, frequency characteristics were obtained – the amplitude-frequency (frequency response), the coherence function, which serves as a measure of evaluating the reliability of the characteristics. The stiffness of the angular milling head was also measured along the three axes of the machine. A comparative analysis of the shape of the received signals was carried out, which showed a reduction in noise caused by impacts. Analysis of the diagrams showed the absence of harmonics characteristic of damaged bearings on the spectrum of the restored angular head. This allowed us to conclude that the faulty corner head was successfully restored.

Keywords: angular milling head, vibroacoustic diagnostic, spectrum, dynamic characteristics

Современные станки с ЧПУ в связи с расширением их технологических возможностей и созданием на их базе гибких автоматизированных производств должны удовлетворять требованиям высокой производительности и точности обработки. Возникает необходимость обеспечения условий устойчивости динамической системы станка и незначительных отклонений инструмента и обрабатываемой детали при резании. Развитие методов оптимизации конструкции несущей системы станка, обеспечивающее необходимое качество работы, является перспективным направлением настоящего времени. Для изготовления изделий часто применяются угловые фрезерные головки в многоцелевых станках с ЧПУ. Угловые фрезерные головки изнашиваются, выходят из строя, а их ремонт

является дорогостоящим. Чтобы избежать простоев и издержек, связанных с поломкой угловых фрезерных головок, необходима разработка методики своевременного выявления неисправностей.

Цель: исследовать динамические характеристики угловой фрезерной головки и по полученным результатам сделать выводы для дальнейшей разработки методики выявления неисправностей угловых фрезерных головок.

Экспериментальное исследование динамических характеристик угловой фрезерной головки Alberti T90-8 проводилось до и после восстановительного ремонта. Ремонт заключался в замене подшипников.

Сначала было проведено исследование исправной угловой головки, которой был проведен восстановительный ремонт.

На станок Sanco SDM-2214L была установлена фрезерная головка с контрольной оправкой. На корпус угловой головки и на оправку крепятся два датчика (акселерометра), регистрирующие колебания (рис. 1а).

Динамометрическим молотком производится серия ударов по оправке. Датчики регистрируют колебания на корпусе фрезерной головки и на оправке в зоне удара [1, 2]. Полученные сигналы усиливаются, оцифровываются с помощью аналого-цифрового преобразователя и передаются на компьютер (рис. 1б), где записываются в файл с помощью программы nkRecorder, разработанной в ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН» [3]. Также записывались сигналы холостого хода при вращении шпинделя со скоростью 2000 об/мин.

Исследование угловой головки, находящейся в неисправном состоянии, проводилось в тех же условиях, что и после проведенного ремонта. Неисправность головки выражалась посторонним шумом в зоне крепления оправки, появляющимся при вращении шпинделя свыше 2000 об/мин, и сильным нагревом корпуса головки.

После разборки выяснилась неисправность подшипников горизонтальной оси. Выявлен износ на некоторых шариках подшипника и на дорожках качения (рис. 2а).

Восстановительные работы включали в себя замену вышедших из строя подшипников. Производитель изначально поставил сдвоенные радиально-упорные подшипники. Данные подшипники ставятся для достижения заданных усилий предварительного натяга, для обеспечения минимальных биений валов, а также для обеспечения точности номинального расположения осей валов. Есть несколько способов расположения подшипников в зависимости от преследуемых целей. В данном случае устанавливаются подшип-

ники согласно рекомендациям производителя угловой головы, совмещая стрелки, одновременно указывающие, какими торцами должны соприкоснуться наружные и внутренние кольца в рабочем состоянии. Предварительный натяг подшипников был выполнен согласно рекомендациям производителя подшипников [4].

Прежде чем установить собранные узлы горизонтальной и вертикальной осей, производили замеры формы посадочных мест подшипников для оценки их состояния (рис. 2б). После всех произведенных манипуляций была выполнена окончательная сборка угловой фрезерной головки OMG TA 40 (рис. 2в).

Далее собранная угловая головка была установлена на станок для проверки работоспособности. Было измерено биение оправки на вылете 100 мм, которое соответствовало паспортным значениям угловой головки и составило 0,005 мм. После этого было произведено включение станка с установленной головкой. После 5 мин работы на частоте вращения 100 об/мин была подтверждена корректность сборки. Оператором было зафиксировано отсутствие шумов и нагрева корпуса в месте крепления оправки. По нарастающей частота вращения шпинделя была доведена до 2000 об/мин. Именно при таких частотах вращения угловая головка работает 90% времени. Была произведена запись сигнала с акселерометров.

После обработки записанных сигналов с помощью программы nkRecorder были получены частотные характеристики – амплитудно-частотная (АЧХ), функция когерентности, служащая мерой оценки достоверности характеристик. Функция когерентности в диапазоне 100–1000 Гц оказалась близка к единице, что свидетельствует о статистической достоверности результатов.

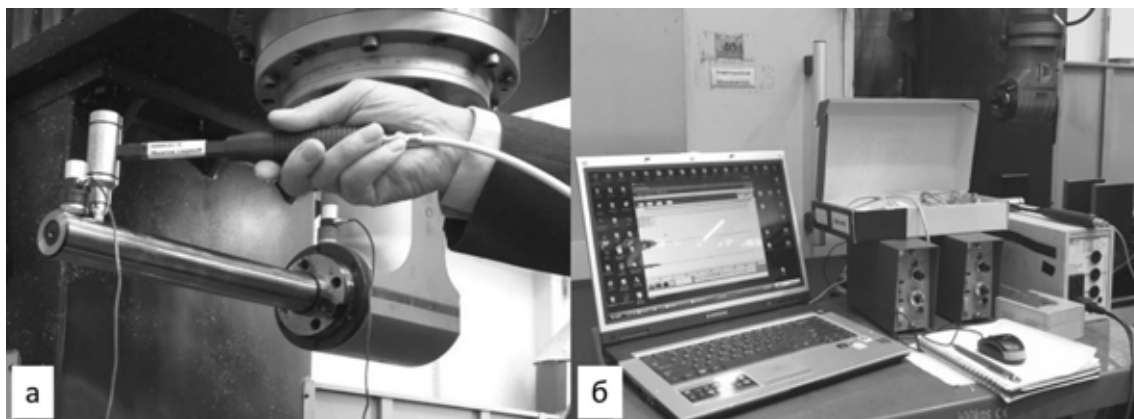


Рис. 1. а) датчики на угловой головке Alberti T90-8; б) комплект измерительной аппаратуры



Рис. 2. а) подшипники со следами износа; б) замер допусков формы посадочных мест подшипников; в) собранная угловая фрезерная головка OMG TA 40

Было проведено сравнение АЧХ угловой фрезерной головки, измеренной в неисправном (рис. 3а) и восстановленном состоянии (рис. 3б). Видно, что собственные частоты нижних форм колебаний неисправной головки почти в два раза ниже

собственных частот восстановленной головки.

Исследование колебаний корпуса головки проводилось на различных частотах вращения шпинделя (200 об/мин, 400 об/мин, 800 об/мин, 1600 об/мин и 2000 об/мин).

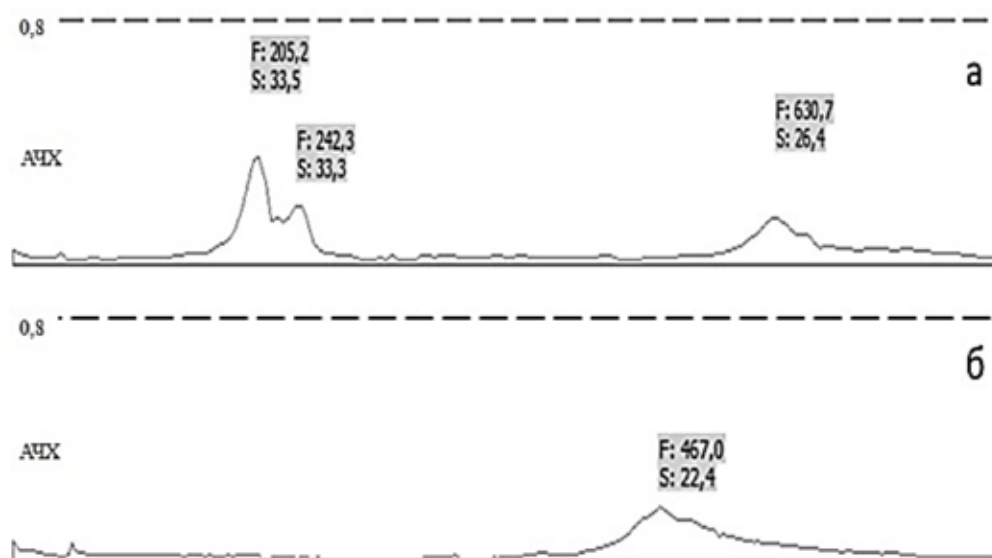


Рис. 3. Сравнение АЧХ угловой фрезерной головки

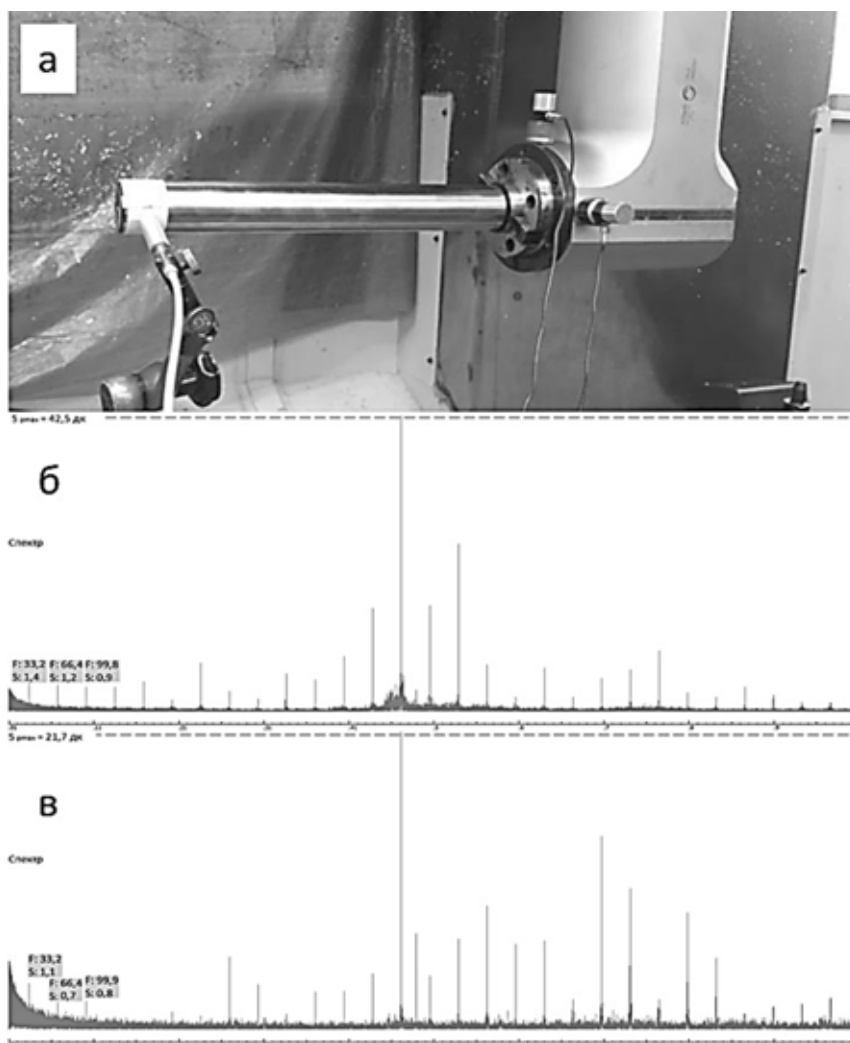


Рис. 4. а) угловая головка с фотоэлектрическим датчиком контроля частоты вращения; б) спектр головки в неисправном состоянии; в) спектр головки в восстановленном состоянии

Кроме двух датчиков по вертикальной и горизонтальной оси, использовался фотоэлектрический датчик контроля частоты вращения шпинделя (рис. 4а). Сигналы с датчиков регистрировались и обрабатывались помощью программного комплекса pkRecorder. В результате спектральной обработки сигналов получены спектры колебаний корпусов головок на различных частотах вращения шпинделя (рис. 4б, 4в).

В спектре неисправной угловой головки видны гармоники одинаково большой амплитуды, кратные оборотной частоте шпинделя. [5, 6] Это свидетельствует о наличии дефектов ударного происхождения. Можно сделать вывод о типе дефекта – повреждение подшипников.

Также были проведены измерения жесткости угловой фрезерной головки. Оправка, закрепленная на угловой фрезерной головке,

поджималась к столу станка через динамометр. На корпус шпинделя устанавливался индикатор, измеряющий перемещение угловой головки относительно корпуса (рис. 5а). Измерение жесткости проводилось по трем осям станка.

На основе полученных данных построены диаграммы жесткости по трем осям станка (рис. 5б, 5в, 5г).

Попытки просчитать динамические характеристики в приложении SolidWorks дали результаты, не адекватные экспериментальным данным. Требуется разработка более детальной модели угловой фрезерной головки, с тем чтобы получить адекватную экспериментальную модель. В основе предполагается использовать теоретическую основу и наработки, изложенные в работах [7–9], и данные, полученные в результате проведенных экспериментов.

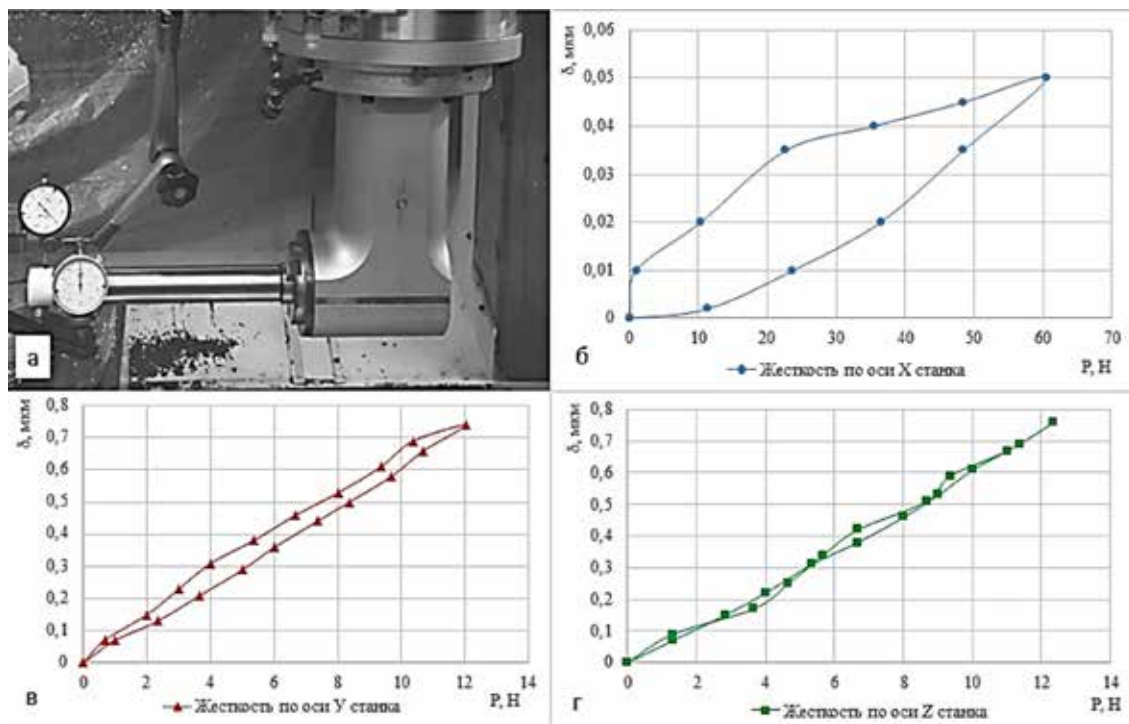


Рис. 5. а) измерение жесткости по оси Z станка; б) диаграмма жесткости по оси X станка; в) диаграмма жесткости по оси Y станка; г) диаграмма жесткости по оси Z станка

Сравнительный анализ формы сигнала показал снижение шума, вызванного ударами. Отсутствие на спектре восстановленной угловой головки гармоник, характерных для поврежденных подшипников, позволяет сделать вывод об успешном восстановлении неисправной головки.

Список литературы

1. Гаврилин А.Н., Мойзес Б.Б. Диагностика технологических систем. Часть 2: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 128 с.
2. Козочкин М.П., Маслов А.Р., Порватов А.Н. Инновационный аппаратно-программный комплекс для диагностики высокотехнологичных систем // Инновации. 2013. №10 (180). С. 128-131.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №20096132214 Российская Федерация. Программный комплекс сбора, обработки и анализа вибрационных сигналов nkRecorder / Кочинев Н.А., Сабиров Ф.С., Козочкин М.П. ОБПБТ. 2009. №4 (69).

4. Справочник. Техническое обслуживание подшипников NSK. 2018. NSK Europe Ltd. [Электронный ресурс]. URL: <http://nsk-podshipnik.ru/pdf/korotkii-spravochnik-nsk.pdf> (дата обращения: 09.02.2022).

5. Замараев Р.Ю., Логов А.Б. Модели и алгоритмы вибродиагностики уникальных объектов // Безопасность и живучесть технических систем. Труды IV всероссийской конференции. 2012. Т. 2. С. 44-49.

6. Козочкин М.П., Маслов А.Р., Порватов А.Н. Информационно-измерительные и управляющие системы силовых и виброакустических параметров // Измерительная техника. 2015. № 8. С. 5-9.

7. Гаврилин А.Н. Метод снижения уровня вибраций при механической обработке // Контроль. Диагностика. 2013. № 9. С. 81-84.

8. Козочкин М.П., Сабиров Ф.С., Молодцов В.В. Диагностика состояния станков по вибрационным характеристикам // Materials. Technologies. Design. 2020. Т. 2. № 1(2). С. 69-77.

9. Сабиров Ф.С., Шемякин А.А. Оперативная оценка виброустойчивости станков и состояния шпиндельных подшипников // Вестник машиностроения. 2015. №8. С. 14-16.