Применение бесконтактного метода измерения радиального биения шпинделя металлорежущего оборудования

Ягопольский Александр Геннадиевич
старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки», МГТУ им. Н.Э. Баумана

Андрюхин Николай Дмитриевич
студент кафедры «Металлорежущие станки», МГТУ им. Н.Э. Баумана, nikolay2198@mail.ru

В статье рассмотрены актуальные требования к точности работы металлорежущего оборудования. Сформулированы причины, прямо и косвенно влияющие на возникновение радиального биения шпинделя технологических машин. Рассмотрено влияние биения, которые оказывается непосредственно на обрабатываемую заготовку. Проведен анализ существующих и применяемых контактных и бесконтактных методов измерения радиального биения шпинделя. На основе данного анализа предложена методика бесконтактного измерения радиального биения шпинделя. Приведены преимущества и недостатки данной методики по сравнению с существующими методами. Описаны способы применения данного способа для разных типов металлорежущего оборудования, а именно для технологических машин токарно-винторезной, фрезерной и сверлильной групп. Предложено различное, с точки зрения технических особенностей и измерительных возможностей, применение данной системы.
Ключевые слова: Радиальное биение шпинделя, точность, измерительные системы.

Одним из главных условий получения корректной формы обрабатываемой поверхности, а также взаимного расположения поверхностей является вращение без радиального биения цанг, посадочных мест под патроны и самих патронов. Биение зависит от точности и качества изготовленных подвижных составляющих такого узла в технологической машине как шпиндель – посадочные узлы подшипников и вал. Качеством шпинделя обусловлена величина биения.

По данным ГОСТ 18097-93 [1] радиальное биение шпинделей токарных и фрезерных станков допускается в пределах 0,01 – 0,015 мм, торцовое биение – 0,01 – 0,02 мм; непрямолинейность и непараллельность направляющих станин токарных станков на длине 1000 мм допускается в пределах 0,02 мм, непараллельность осей шпинделей токарных станков направлению движения кареток на длине 300 мм в вертикальной плоскости 0,02 – 0,03 мм, а в горизонтальной плоскости – 0,01 – 0,015 мм. На основе ряда проведенных опытов и расчетов, было выявлено, что неточность кинематической схемы металлорежущего станка переносится на обрабатываемую деталь. Так, нагруженный усилиями резания станок испытывает увеличение неточности кинематической за счет одностороннего выбора зазоров в соединениях.

Поэтому одна из важнейших проверок, проводимых на станке, является проверка на величину радиального биения шпинделей и их посадочных мест для цанг и патронов. Методы проверки радиального биения шпинделя можно условно разделить на контактные и бесконтактные.

Контактные методы уже давно нашли широкое применение и активно используются за счет свой простоты и универсальности. Метод с использованием индикатора контактного типа «ИЧ» [2-3] является одним из самых часто используемых для проверки радиального биения. При этом можно выделить несколько серьезных недостатков этого метода. Первый недостаток заключается в невозможности провести проверку во время непосредственной работы станка, то есть во время обработки заготовки, так как прибор устанавливается на штативе, закреп-

ленном на столе станка. Вторым серьезным недостатком является отсутствие возможности компьютеризации измерений, что не позволит получить графическую визуализацию процесса радиального биения.

Бесконтактные методы проверки сейчас применяются не часто и представлены на рынке, к примеру, системой «СИБШ» [4]. Аппарат является лазерным интерферометром, настроенным на режим замера перемещений. Высокая точность и объективность измерений гарантируется благодаря достигается благодаря наличию специального алгоритма измерения фазы интерференционного сигнала. Данная система является инновационной, но при этом обладает недостатком стандартной контактной системы, а именно не дает возможности визуализировать погрешность и требует эталонной оснастки.

На основе анализа вышеперечисленных систем мною было предложено свое решение для бесконтактного измерения радиального биения шпинделя. Методика применения данного метода на технологических машинах токарной, фрезерной и сверлильной групп приведена ниже.

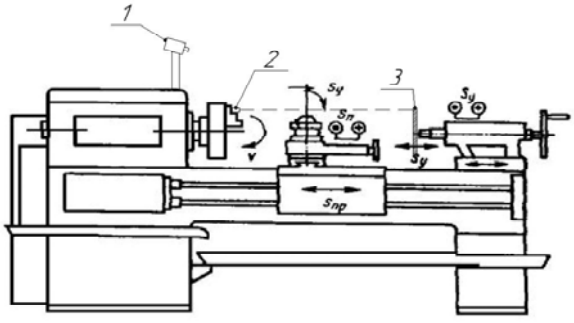

Рис. 1. Схема установки системы бесконтактного измерения биения шпинделя на токарно-винторезном станке

На рис. 1 приведена схема размещения узлов системы на токарно-винторезном станке: на патрон станка на магнитной основе устанавливается источник лазерного луча (2). На неподвижную часть станка крепится фотоприёмное устройство (2) типа Лазерная камера «Рубин». На задней бабке станка закрепляется мишень (3), выполненная из твердой бумаги. Шпиндель станка приводится во вращение вручную, совершив при этом один полный оборот. Фотоприемное устройство считывает координату точки лазерного луча на мишени в каждый момент времени. Данные, полученные в результате эксперимента, поступают на компьютер, где строится траектория движения точки, описываемая лазерным лучом. Благодаря крайне малому диаметру пятна лазерного луча и высокой частоте передачи кадров фотоприемного устройства появляется возможность оценить смещение опытных окружностей от «эталонной» окружности, описываемой лазером при работе шпинделя без радиального биения.

Данная система подлежит упрощению. В качестве более простой, с технической точки зрения, альтернативы в данной системе возможно использование пластины с фотоэмульсией вместо мишени, что позволит не закупать или не арендовать дорогостоящую, по отношению к фото эмульсионным пластинам, систему лазерного контроля координат пятна. В результате проведения эксперимента на поверхности пластины остаются следы, по которым с использованием электронного микроскопа можно оценить отклонение между «эталонной» окружностью и опытными окружностями. Однако, можно четко выделить серьезный недостаток такого упрощения, а именно что фото эмульсионные пластины подвержены засвечиванию, что делает необходимыми применение их только в темноте. Однако, использование электронного микроскопа позволит добиться большей точности, по сравнению с методом, использующим лазер и считывающую камеру.

На рис 2 показан эскизный результат измерения.

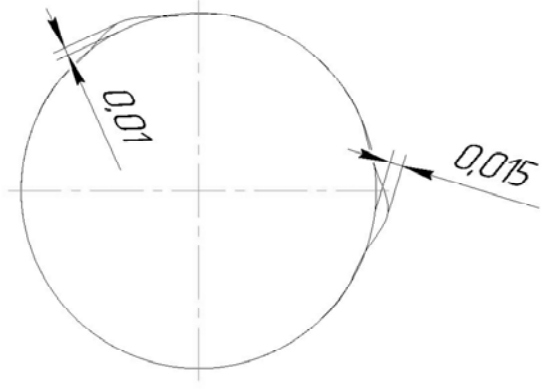

Рис. 2. Результат измерений

Методика применения способа бесконтактного измерения радиального биения шпинделя доступна для проведения на станках фрезерной группы.

Способ установки и закрепления узлов системы показан на рис 3. Источник лазерного луча (1) в зависимости от компоновки станка может устанавливаться как на патроне станка, так и непосредственно устанавливаться на место крепления инструмента. Отличительной чертой крепления источника лазерного луча на месте установки инструмента будет являться тот факт, что описываемая лучом окружность будет много меньшего диаметра, нежели окружность, описываемая тем же самым источником, установлен-

ным на внешней поверхности патрона. Данный факт значительно усложняет анализ полученных результатов и требует более совершенного источника луча с меньшим пятном, но при этом, значительно повышается точность проводимого исследования. Мишень (2) аналогично устанавливается на рабочей поверхности, перпендикулярно к лазерному лучу. Фотоприёмное устройство (3) типа Лазерная камера «Рубин» крепится на неподвижной части станка, как показано на эскизном рис. 3.

Проверка на станках сверлильной группы проводится аналогично.

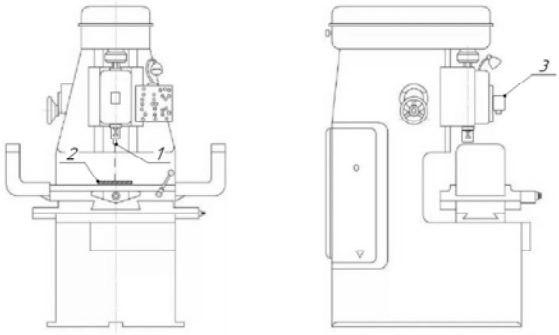

Рис. 3. Схема установки системы бесконтактного измерения биения шпинделя на фрезерном станке

Литература

1. ГОСТ 18097-93 Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры, нормы точности.

2. ГОСТ 577-68 Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм.

3. Портал Томского Политехнического Университета. Разбор механизма в лабораторной работе. http://portal.tpu.ru/SHARED/b/BRITOVA/academic/Tab1/Tab/LAB4.pdf

4. Сайт компании Amphora laboratories. Режим доступа: http://www.amphoralabs.ru/projects/170104/170117 (дата обращения: 16.03.2019).

The use of a contactless method of measuring the radial runout of the spindle metal-cutting equipment

Yagopolsky A.G., Andryukhin N.D.
MSTU. N.E. Bauman

The article discusses current requirements for the accuracy of metal-cutting equipment. The reasons directly and indirectly influencing the occurrence of the radial runout of the spindle of technological machines are formulated. The effect of beats that are directly on the workpiece being processed is considered. The analysis of existing and applied contact and contactless methods for measuring the spindle radial runout has been carried out. Based on this analysis, a method for contactless measurement of spindle radial runout has been proposed. The advantages and disadvantages of this technique are given in comparison with the existing methods. Describes how to use this method for different types of metal-cutting equipment, namely for technological machines screw-cutting, milling and drilling groups. Various, in terms of technical features and measurement capabilities, the application of this system has been proposed.

Keywords: radial spindle runout, accuracy, measuring systems.

References

1. GOST 18097-93 Screw-cutting and turning lathes. Main dimensions, standards of accuracy.
2. GOST 577-68 Dial gauges with a scale value of 0.01 mm.
3. Portal of the Tomsk Polytechnic University. Analysis of the mechanism in the laboratory. http://portal.tpu.ru/SHARED/b/BRITOVA/academic/Tab1/Tab/LAB4.pdf
4. Company site Amphora laboratories. Access mode: http://www.amphoralabs.ru/projects/170104/170117 (access date: 03/16/2019).