

мальный зазор между правящими инструментами 5 и выступами рабочих дорожек 4. В процессе обработки по мере износа и увеличения глубины пружины 12, воздействуя на корпус 9 измерительного устройства, перемещают его по шлицам рамы 11 и обеспечивают поджим ролика 10 к впадине 8 инструмента 2. Перемещаясь вниз, корпус 9 при помощи рычагов 1 воздействует на прижимную пластину 7 правящего устройства, которая через пружины 6 прижимает правящие инструменты 5 к выступам 4 рабочих дорожек, обеспечивая тем самым уменьшение высоты выступов рабочих дорожек на величину, соответствующую перемещению ролика 10. Таким образом обеспечивается постоянная в процессе обработки глубина рабочих дорожек инструмента.

Все вышеуказанные устройства автоматического управления могут быть встроены при модернизации в существующие станки для обработки шариков мод. ВШ-314М и МШ-33М.

УДК 531.72:62–231.1

В.А.ДАНИЛОВ, канд. техн. наук (НПИ)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ РЕГИСТРИРУЮЩИХ ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Совершенствование методов и средств контроля сложных поверхностей, например винтовых, имеет важное практическое значение, поскольку от соответствия фактических и проектных значений их геометрических параметров существенно зависят технико-экономические параметры машин.

Заслуживает внимания метод контроля винтовых поверхностей лопатных изделий регистрирующими приборами, основанный на непрерывном измерении и автоматической записи формы, размеров и относительного расположения отображений профилей сечений контролируемой поверхности и сравнении их с проектными. Он позволяет определять геометрические параметры отдельных сечений (шаг, длину и др.), их погрешности, а также идентичность и взаимное расположение сечений различных лопастей изделия. Регистрирующие приборы, обладая достаточной точностью, отличаются от других измерительных средств большей универсальностью по одновременно контролируемым параметрам и высокой степенью наглядности результатов измерений.

Метод контроля регистрирующими приборами относится к косвенным методам, поэтому его точность существенно зависит от передаточного отношения между контролируемой и искомой величинами, т.е. от коэффициентов преобразования координат точек винтовой поверхности в координаты отображений этих точек на чертеже, определяющих значение линейного масштаба записи контролируемых сечений.

Значения коэффициентов задаются функцией преобразования координат и обеспечиваются кинематикой прибора, поэтому при проектировании необходимо знать функциональную связь этих коэффициентов с погрешностью измерения. Рассмотрим эту задачу применительно к приборам, кинематика которых преобразует цилиндрические винтовые линии в плоские спирали в соответствии с уравнениями

$$\bar{\rho} = \bar{r}' + \bar{z}';$$

$$\varphi' = k_{\varphi} \varphi,$$

(1)

где $|\bar{r}'| = k_r r$; $|\bar{z}'| = k_z z$; r, φ, z — цилиндрические координаты точек винтовой поверхности; ρ, φ' — полярные координаты отображений этих точек на запись прибора; k_z, k_{φ}, k_r — коэффициент преобразования соответствующих координат.

Такое преобразование, по сравнению с другими, обеспечивает повышение точности контроля наиболее важных периферийных сечений лопастей. Оно может быть реализовано бездифференциальными и дифференциальными приборами.

При $k_z > 1$ целесообразно использовать дифференциальную схему контроля, при которой цилиндрическая винтовая линия постоянного шара отображается в окружность, а отклонения контролируемого профиля по координате z от этой линии записывают увеличенными в k_z раз.

Кинематическая схема дифференциального прибора изображена на рис. 1. На неподвижном шпинделе 7 установлена ось 17 с поворотной траверсой 11, несущей синхронно и противоположно перемещаемые от ходовых винтов 6 и 9 измерительную головку 12 со щупом 15 и регистрирующую каретку 4 с рейкой 3 и многоцветным записывающим пером 19. Шпиндель установлен соосно с контролируемым изделием. Между шпинделем 7 и осью 17 введено до-

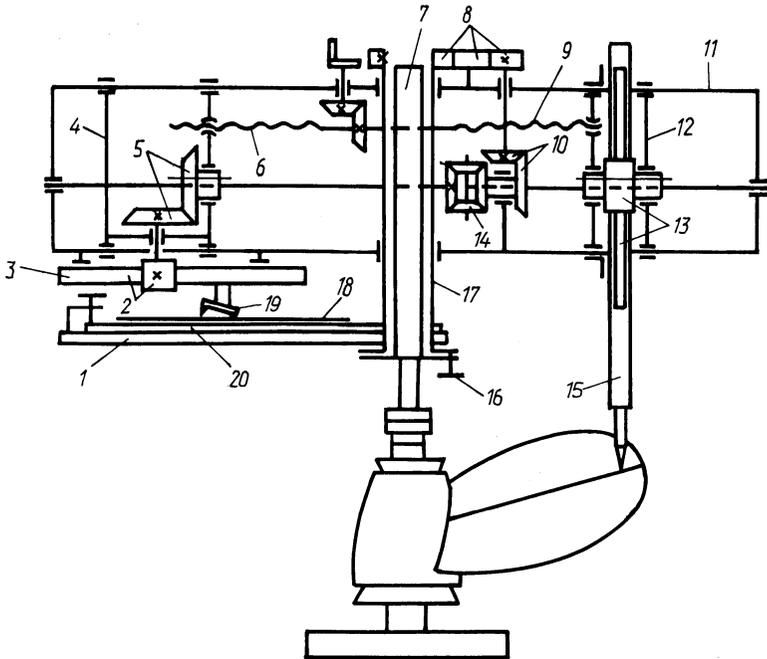


Рис. 1. Кинематическая схема дифференциального регистрирующего прибора для контроля винтовых поверхностей лопастей

полнительное устройство 16 для координации прибора при переходе от одной лопасти к другой. На оси неподвижно закреплен стол 1 с поворотной фиксируемой опорой 20 чертежа 18, поэтому $k_{\phi} = 1$. На чертеже изображены проектные и записываются фактические отображения контролируемых сечений. Щуп 15 кинематически соединен с рейкой 3 посредством зубчатых передач 13, 14, 5 и 2 и с осью 17 через передачи 13, 14, 10 и гитару сменных зубчатых колес 8. Рейка 3 также кинематически связана с осью 17 через передачи 8, 10, 14, 5 и 2.

Для реализации дифференциальной схемы контроля передаточное отношение кинематической цепи, соединяющей ось 17 и щуп 15, настраивается гитарой 8 так, что одному обороту траверсы 11 при застопоренной рейке 3 соответствует вертикальное перемещение щупа 15, равное шагу H_T теоретической винтовой линии контролируемого сечения.

Уравнение кинематического баланса этой цепи имеет вид

$$1 i_H i_{19} i_{17} \pi m z_{15} = H_T,$$

где i_H, i_{19}, i_{17} — передаточные отношения соответственно гитары 8 и ненастраиваемых передач; z_{15} — число зубьев реечного колеса передачи 13.

Тогда искомое передаточное отношение i_H гитары составит

$$i_H = H_T / C_H,$$

где C_H — постоянная кинематической цепи.

Необходимое значение коэффициента k_z обеспечивается кинематической цепью, связывающей щуп 15 с рейкой 4. Кинематические параметры передач этой цепи задаются из того, что при неподвижной траверсе перемещение записывающего пера должно быть в k_z раз больше перемещения щупа.

Необходимое значение коэффициента k_r обеспечивается отношением шагов t ходовых винтов 6 и 9:

$$k_r = t_5 / t_4.$$

При записи любого цилиндрического сечения лопасти щуп 15 вследствие вращения траверсы 11 скользит по контролируемой поверхности и получает осевое перемещение, которое по кинематической цепи 13—14—5—2 преобразуется в перемещение рейки 3. Одновременно рейка получает противоположное по направлению перемещение по кинематической цепи, связывающей ее с осью 17.

Результирующее перемещение рейки с пером 19 пропорционально с коэффициентом k_z осевому смещению щупа 15 от винтовой линии постоянного шага, на который настроен прибор. Благодаря этому при компактной записи отображений сечений обеспечивается по сравнению с бездифференциальной схемой возможность значительного увеличения коэффициента k_z и повышения точности контроля геометрических параметров лопастей. Прибор может работать также по бездифференциальной схеме.

Для проектирования кинематики прибора необходимо знать конкретные значения коэффициентов k_z и k_r . Рассмотрим методику их определения, общую для дифференциальных и бездифференциальных приборов.

На рис. 2. изображено одно из цилиндрических сечений винтовой поверхности лопасти. Положение точек А и В этого сечения в цилиндрической систе-

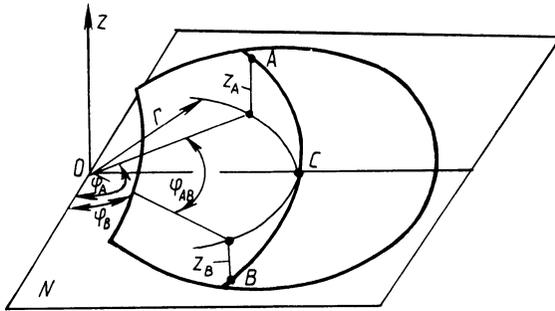


Рис. 2. Параметры цилиндрического сечения винтовой поверхности

ме координат, связанной с осью OO винтовой поверхности, характеризуется координатами: $r, \varphi_A, \varphi_B, z_A, z_B$. Обозначим z_{AB} — разность между координатами z_A и z_B ; φ_{AB} — угол между точками A и B . Тогда в соответствии с преобразованиями (1) $z'_{AB} = k_z z_{AB}, \varphi'_{AB} = k_\varphi \varphi_{AB}$. Положение плоскости отсчета N может выбираться произвольно, так как оно не влияет на величину z_{AB} . Значение φ_{AB} обычно задается техническими условиями на изделие.

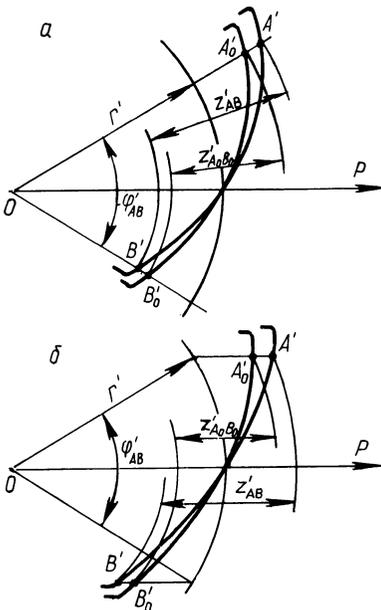


Рис. 3. Отображения цилиндрических сечений винтовых поверхностей на плоскость:

а — векторы \vec{r}' и \vec{z}' лежат на одной прямой; б — вектор \vec{z}' параллелен оси OP

На рис. 3 показаны отображения проектного $A'_0B'_0$ и фактического $A'B'$ сечения лопасти, соответствующие двум наиболее просто реализуемым, разновидностям преобразования (1); рис. 3, а иллюстрирует вариант, когда векторы \vec{r}' и \vec{z}' лежат на одной прямой, а рис. 3, б — когда направление вектора \vec{z}' параллельно полярной оси OP .

Для удобства построения отображения проектного профиля сечения, координаты z_A и z_B определены полностью относительно плоскости N , проходящей через точку C пересечения центральной линии лопасти с рассматриваемым сечением. При этом принимается, что отображением центральной линии является полярная ось OP .

В обоих случаях шаг H цилиндрического сечения винтовой поверхности через геометрические параметры его отображения и коэффициенты преобразования координат выражаются зависимостью

$$H = 2\pi \frac{z'_{AB} k_\varphi}{\varphi'_{AB} k_z} \quad (2)$$

На практике зачастую требуется определить не значение шага H сечения, а величину его отклонения от номинального значения H_0 , т.е. $H - H_0$.

На основании выражения (2) и рис. 3

$$H - H_0 = 2\pi \frac{(A'_0 A' + B'_0 B') k_\varphi}{\varphi'_{AB} k_z}$$

или

$$H - H_0 = m (A'_0 A' + B'_0 B'),$$

где m — постоянная для данного сечения величина, указанная на чертеже, а длины отрезков $A'_0 A'$ и $B'_0 B'$ определяются непосредственным измерением их по записи регистрирующего прибора.

Абсолютная погрешность Δ_H определения шага вследствие неточного измерения z'_{AB} или $A'_0 A' + B'_0 B'$ и построения угла φ_{AB} равна приращению функции H , т.е.

$$\Delta_H = 2\pi \frac{k_\varphi}{k_z} \left(\frac{\Delta_{z'}}{\varphi'_{AB}} + \frac{z'_{AB} \Delta\varphi}{(\varphi'_{AB})^2} \right),$$

где $\Delta_{z'}$ и $\Delta\varphi$ — абсолютные погрешности измерения по записям величин z'_{AB} или $A'_0 A' + B'_0 B'$ и построения угла φ_{AB} .

Относительная погрешность δ_H измерения шага составит

$$\delta_H = \frac{\Delta_H}{H} = \frac{\Delta_{z'}}{z'_{AB}} + \frac{\Delta\varphi}{\varphi'_{AB}}$$

или с учетом уравнения (2)

$$\delta_H = \frac{1}{k_\varphi \varphi_{AB}} \left(2\pi \frac{\Delta_{z'} k_\varphi}{H k_z} + \Delta\varphi \right).$$

Тогда

$$k_z \geq \frac{2\pi \Delta_{z'} k_\varphi}{H([\delta_H] k_\varphi \varphi_{AB} - \Delta\varphi)}, \quad (3)$$

где $[\delta_H]$ — составляющая допустимой относительной погрешности измерения шага, обусловленная методом контроля.

Значение k_z может быть только положительным числом, поэтому

$$[\delta_H] \varphi_{AB} k_\varphi - \Delta\varphi > 0.$$

Следовательно,

$$k_\varphi > \frac{\Delta\varphi}{[\delta_H] \varphi_{AB}}. \quad (4)$$

Коэффициент k_φ влияет на погрешность измерения длины сечения. Из реализуемой схемы преобразования винтовых линий следует зависимость:

$$k_r \geq \frac{\Delta_s}{k_\varphi [\Delta_s]}, \quad (5)$$

где Δ_s — погрешность измерения длины записи сечения, мм; $[\Delta_s]$ — составляющая допускаемой абсолютной погрешности измерения длины сечения, мм.

Выражения (3), (4), (5) являются исходными для нахождения коэффициентов преобразования координат, по которым определяются параметры и проектируется кинематика бездифференциальных и дифференциальных регистрирующих приборов.

УДК 669.018.25:532.635

С.И.МОИСЕЕНКО, С.А.ИВАЩЕНКО (БПИ)

О КОНТАКТИРОВАНИИ СФЕРЫ С ПОКРЫТИЕМ ИЗ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ СПЛАВОВ

При изготовлении узлов прецизионных приборов, например направляющих качения, удовлетворяющих ряду специальных требований (немагнитность, вакуумная плотность, коррозионная стойкость, высокая износостойкость и точность), применено плазменное упрочнение рабочих поверхностей самофлюсующимися твердыми сплавами на основе Ni—Cr—B—Si.

С целью выбора марки сплава для обеспечения необходимой точности перемещения деталей при действии контактных нагрузок проведено исследование жесткости пары плоскость—сфера. Для проведения исследований были изготовлены стальные образцы, упрочненные плазменным напылением самофлюсующимися твердыми сплавами. Для уменьшения влияния на проведение эксперимента контактных перемещений за счет смятия микронеровностей плоских поверхностей образцов они были обработаны до шероховатости Ra 0,045...0,073 на плоскошлифовальном станке 3701 кругом ПП 200x20x40 63 С 16Б М37К3 35 м/с со следующими режимами резания: глубина 0,006 мм, поперечная подача 0,2 мм/дв. ход с охлаждением 5%-ной эмульсией. Для сравнения также использованы образцы из закаленной стали ШХ15 и стали 12Х18Н10Т в состоянии поставки, обработанные аналогичным образом. Данные о твердости и шероховатости исследуемых материалов приведены в табл. 1.

Оценка жесткости проводилась путем измерения величины внедрения трех сферических инденторов ($r_{\text{сф}} = 17$ мм, твердость HRC₃ 64...66) в плоскую поверхность образцов под действием нагружающей силы Р на модернизированном варианте специальной установки в Брянском институте транспортного машиностроения. Обработанные результаты испытаний приведены на рис. 1 (нагрузочная ветвь).

Из представленных зависимостей можно сделать лишь качественные выводы о сравнительной жесткости упрочненных поверхностей, так как они описывают частный случай внедрения сферических инденторов определенного диаметра.