

А.С. КУНИВЕР, д-р техн. наук, ИжГТУ

МЕТОДЫ ПРИТИРКИ СПИРОИДНЫХ ПЕРЕДАЧ

Методы притирки спириодных передач. У статті представлена розробка методів притирки спириодних передач з п'ятьом контакту, локалізованим по довжині і висоті вітків червяку та зуб'їв колеса.

The paper gives the results of numerical investigation of the influence of mounting errors of a spiroid gear with the contact pattern localized along the length and height of its meshing elements on the length of this pattern and its centre shifting. Methods of grinding-in of this gear have been developed on the base of these results.

Постановка проблеми. В качестве отделочной операции зубообработки спириодных передач, содержащих стальные закаленные червяки и колеса, может быть использована притирка. Хотя эта операция позволяет повысить плавность работы этих передач, снизить уровень их шума и улучшить расположение в них пятна контакта, локализованного по длине и высоте зацепляющихся элементов, она не нашла применения в производстве указанных передач из-за того, что методы ее осуществления не разработаны. В связи с этим создание данных методов и последующее их внедрение представляется актуальной проблемой, решение которой позволит расширить область применения спириодных передач со стальными колесами, менее дорогостоящих, чем традиционные спириодные передачи, содержащие колеса, выполненные из бронзы.

Анализ литературы. В работах [1,2] изложены особенности притирки спириодных передач с пятном контакта, локализованным по высоте зацепляющихся элементов. Сведения о притирке спириодных передач с пятном контакта, локализованным по длине и высоте этих элементов, в доступных для нас источниках литературы отсутствуют.

Цель статьи. Целью настоящей статьи является разработка методов притирки спириодных передач с пятном контакта, локализованным по длине и высоте витков червяка и зубьев колеса.

Основной материал. Выбор подходов к осуществлению притирки спириодных передач, невосприимчивых к погрешности осевого положения червяка [3], во многом зависит от чувствительности их пятна контакта к другим погрешностям монтажа – погрешностям межосевого расстояния Δa_w , межосевого угла $\Delta \Sigma_1$ и осевого положения колеса Δg . Наглядное представление об этой чувствительности можно получить, рассматривая рис.1–рис.3, где представлены некоторые результаты численного исследования влияния данных погрешностей на смещение центра и длину зоны касания зацепляющихся элементов спириодных передач, рассматриваемой в качестве их пятна контакта. Данные о влиянии названных погрешностей на ширину зоны касания здесь не приведены, поскольку, как показал анализ, при изменении $\Delta a_w, \Delta \Sigma_1, \Delta g$, вызывающем смещение контура зоны касания на кромки зацепляющихся элементов, упомянутая ширина изменяется незначительно (не более, чем на 5-7%).

Объектами исследования были спириодные передачи вида SZC2 [4], содержащие червяки с выпукло-вогнутым круговым нормальным профилем впадины и имеющие различные передаточные отношения i , но одинаковые следующие параметры: межосевое расстояние $a_w = 31,5$ мм; межосевой угол $\Sigma_1 = 90^\circ$; осевой модуль, диаметр вершин и высота витков червяка соответственно $m_x = 1,75$ мм, $d_{a1} = 24$ мм, $h_1 = 2,25m_x$; радиусы окружностей профилей правой и левой боковых поверхностей этих витков соответственно $\rho_R = 32$ мм, $\rho_L = 25$ мм; делительные углы данных профилей соответственно $\alpha_R = 8^\circ, \alpha_L = 30^\circ$; внешний диаметр и ширина венца колеса соответственно $d_{e2} = 115$ мм, $b_2 = 18,5$ мм.

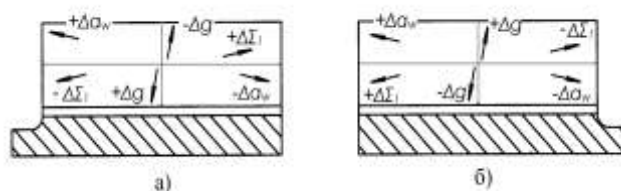


Рис. 1. Направления смещения зон касания на правой (а) и левой (б) поверхностях зуба спириодного колеса при действии погрешностей

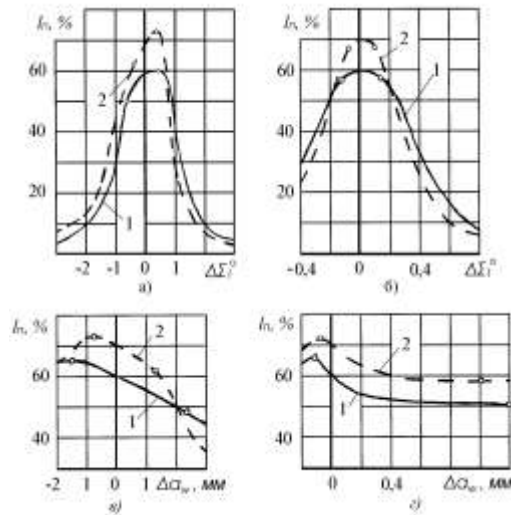


Рис. 2. Зависимости l_{Π} от $\Delta\Sigma_1$ и Δa_{11} для зон касания на правых (а, в) и левых (б, г) поверхностях зубьев колеса спиральной перелачи с $i=39$

При проведении исследования контур зоны касания, рассматриваемый в виде отображения на осевую плоскость колеса, находился в соответствии с методикой, изложенной в [5,6]. Длина l_{Π} зоны касания определялась разностью значений радиусов соосных цилиндров колеса, ограничивающих эту зону по длине его зуба. Величины смещений $\Delta r_{2ц}$ и $\Delta z_{2ц}$ центра зоны касания соответственно по длине и высоте зуба колеса находились по формулам:

$$\Delta r_{2ц} = r_{2ц} - r_{2ц,ном}, \quad (1)$$

где $\Delta r_{2ц}$ и $\Delta r_{2ц,ном}$ – радиусы соосных цилиндров колеса, проходящих через центр зоны касания соответственно при наличии и отсутствии погрешности; $\Delta z_{2ц}$ и $\Delta z_{2ц,ном}$ – аппликаты этого центра в системе координат $S_2 \{x_2, y_2, z_2\}$, связанной с колесом [5], соответственно при наличии и отсутствии погрешности.

При отсутствии погрешностей длины зон касания, характеризуемых кривыми 1 и 2 на рис. 2, составляют соответственно 60% b_2 и 70% b_2 . При этом же условия длины зон касания, характеризуемых кривыми на рис. 3, равны 60% b_2 . Ширина всех этих зон равна 60% активной высоты зуба колеса.

Точки, выделенные на графиках на рис.2 и рис.3, определяют значения $\Delta\Sigma_1, \Delta a_w, \Delta g$, при которых контуры зон касания выходят или на боковые кромки зуба колеса (при изменении $\Delta\Sigma_1$ и Δa_w), или на вершинные кромки витка червяка и зуба колеса (при изменении Δg).

$$\Delta z_{2ц} = z_{2ц} - z_{2ц,ном}, \quad (2)$$

Анализируя графики на рис.2 и рис.3, можно отметить, что

- а) зоны касания на левых поверхностях зубьев спироидного колеса более чувствительны к погрешностям $\Delta\Sigma_1$ и Δa_w , чем зоны касания на их правых поверхностях;
- б) доминирующее влияние на смещение центра зоны касания оказывает погрешность $\Delta\Sigma_1$;
- в) с уменьшением при прочих равных условиях i чувствительность зон касания к погрешностям $\Delta\Sigma_1, \Delta a_w, \Delta g$ возрастает.

Основываясь на результатах исследования, можно утверждать, что при притирке рассматриваемых спироидных передач на положение на боковой поверхности зуба колеса локальной зоны, в пределах которой происходит обработка зацепляющихся элементов, можно оказывать влияние тремя управляющими параметрами передачи – a_w, Σ_1 и B_2 , где B_2 – удаление колеса.

С учетом отмеченного разработаны методы притирки данных передач, отображенные на рис.4. Первый из названных методов (рис.4,а) целесообразно применять при обработке спироидных пар с $i < 10$, а остальные (рис.4,б,в,г) – при обработке спироидных пар с $i < 20$. Эти методы, за исключением метода, показанного на рис.4,г, могут быть реализованы на станках, применяемых для притирки конических и гипоидных зубчатых колес [7,8].

При реализации указанных методов притирки червяк устанавливают с возможностью одностороннего зацепления с колесом и сообщения от червяка притормаживаемому колесу вращения, направление которого меняют в зависимости от обработки правых или левых поверхностей зацепляющихся элементов.

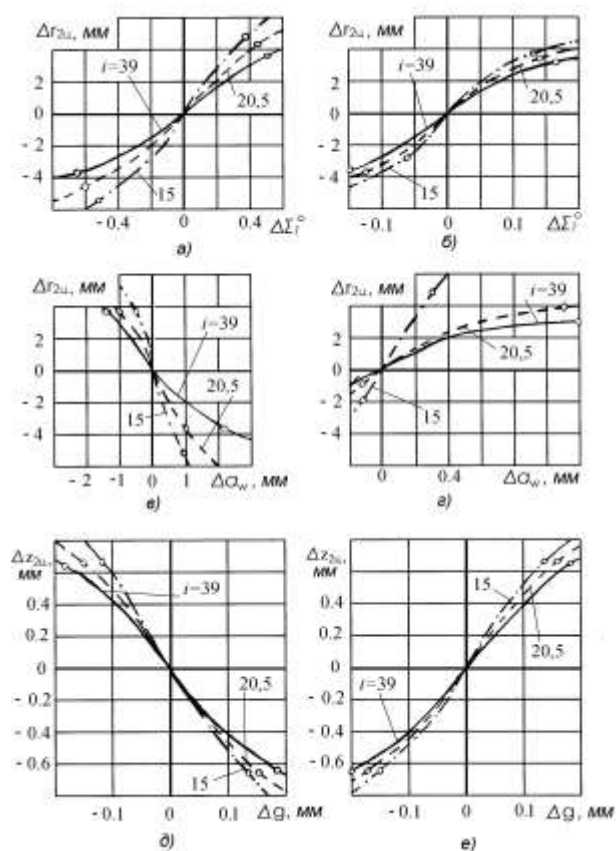


Рис. 3. Зависимости $\Delta r_{2ц}$ от $\Delta\Sigma_1$, $\Delta r_{2ц}$ от Δa_w и $\Delta z_{2ц}$ от Δg для зон касания на правых (а, в, д) и левых (б, г, е) поверхностях зубьев колес спироидных передач с различными значениями i

В соответствии с методом притирки, представленным на рис.4,а, на положение локальной зоны притирки оказывают влияние параметрами a_w и B_2 , изменение которых обеспечивает перемещение этой зоны соответственно по длине и высоте зуба колеса. Для изменения a_w колесу сообщают осциллирующее

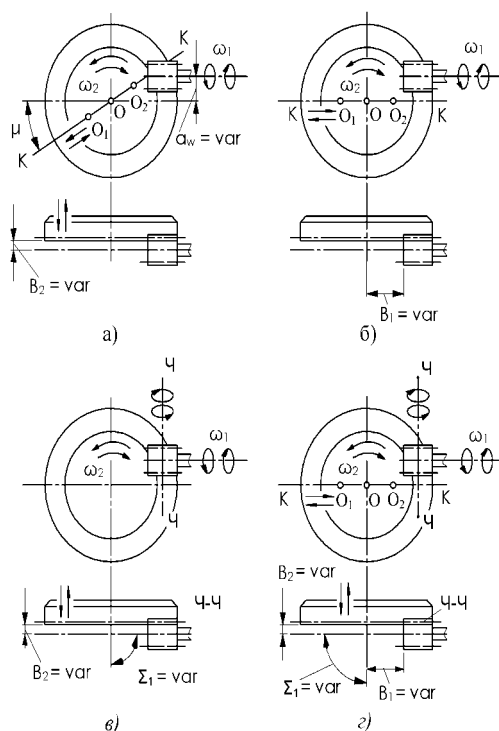


Рис. 4. Схемы движений спироидных червяка и колеса при их притирке различными методами:

а – притирка с изменением Δa_w и B_2 ; б – притирка с изменением B_1 ; в – притирка с изменением Σ_1 и B_2 ; г – притирка с

движение вдоль прямой К-К, наклоненной под углом μ к оси червяка. Величину μ определяют на основании данных о величинах изменения a_w , необходимых для перемещения пятна контакта спироидной пары от носка до пятки зуба колеса при контроле пары на контрольно-обкатном станке, и величинах составляющих O_1O и OO_2 амплитуды осциллирования колеса. Выбор этих составляющих, не превышающих по величине $1 \div 1,5$ мм, должен обеспечить после притирки сохранение в заданных пределах нечувствительности спироидной пары к неточности осевого положения червяка. Что касается необходимого изменения B_2 , влияющего не только на положение локальной зоны притирки, но и на величину бокового зазора в паре, то его также устанавливают при контроле пары на контрольно-обкатном станке.

Метод притирки, показанный на рис.4,б, применяют при притирке спироидных пар с пятном контакта, локализованным или только по высоте зацепляющихся элементов или одновременно по их высоте и длине. При обработке первых из названных пар колесу сообщают осциллирующее движение (с амплитудами осциллирования O_1O и OO_2) вдоль прямой К-К, параллельной оси червяка. При этом меняется величина удаления B_1 червяка, а величины a_w и B_2 остаются неизменными. Такое движение колеса обеспечивает сохранение нечувствительности пары к неточности осевого положения червяка после ее притирки. В случае притирки вторых пар в этот метод вносятся изменения, состоящие в том, что обработку пары ведут в три приема: сначала при номинальном значении a_w , а затем последовательно при значениях a_w , большем и меньшем номинального. При последних значениях контур пятна контакта пары, контролируемой до ее притирки на контрольно-обкатном станке, должен выходить на боковые кромки зуба колеса. Применение данного метода оправдано в условиях единичного изготовления спироидных пар с $i < 10$.

Согласно методам притирки, отображенным на рис. 4,в и рис. 4,г, на положение локальной зоны притирки оказывают влияние параметрами Σ_1 и B_2 . Для изменения Σ_1 червяку сообщают осциллирующее движение вокруг прямой Ч-Ч, которая перпендикулярна к оси, равноудалена от торцов и касательна к

делительному цилиндру червяка. Необходимые изменения Σ_1 и B_2 определяют в процессе контроля пятна контакта спироидной пары на контрольно-обкатном станке.

Второй из этих методов притирки (рис. 4,г), отличающийся от первого (рис. 4,в) тем, что, в процессе обработки пары колесу дополнительно сообщается осциллирующее движение вдоль прямой К–К, параллельной оси червяка, является более предпочтительным, поскольку обеспечивает после притирки сохранение в достаточно широких пределах невосприимчивости пары к погрешности осевого положения червяка. Однако для реализации этого метода требуется модернизация зубопритирочного станка, обеспечивающая указанное движение.

Выводы. 1. Установлены закономерности влияния погрешностей монтажа спироидной передачи с пятном контакта, локализованным по длине и высоте ее зацепляющихся элементов, на смещение центра и длину данного пятна, позволяющие утверждать, что при притирке этой передачи на положение на боковой поверхности зуба колеса локальной зоны, в пределах которой происходит обработка этих элементов, можно оказывать влияние тремя параметрами передачи – межосевым расстоянием, межосевым углом и удалением колеса. **2.** Разработаны методы притирки данной передачи, которые предусматривают управление положением локальной зоны притирки указанными параметрами и могут быть реализованы на станках, используемых для притирки конических и гипоидных передач.

Список литературы: 1. *Кунивер А.С.* Об особенностях притирки, контроля и сборки автомобильных спироидных главных передач // Перспективы развития и использования спироидных передач и редукторов: Докл. Всесоюз. науч.-техн. совещания.- Ижевск: ИМИ, 1979.-С.46-51. 2. *Кунивер А.С.* Исследование формообразования зубьев колес цилиндрических спироидных передач с локализованным контактом в зацеплении: Дис... канд. техн. наук – Ижевск, 1983. – 176с. 3. *Георгиев А.К.* Основные особенности, классификация и области эффективного использования спироидных передач // Перспективы развития и использования спироидных передач и редукторов: Докл. Всесоюз. науч.-техн. совещания. – Ижевск: ИМИ, 1979. – с. 3-9. 4. ГОСТ 22850 – 77. Передачи спироидные. Термины, определения и обозначения. – Введ. 01.01.79 – М.: Изд-во стандартов, 1978. -65с. 5. *Кунивер А.С.* Метод оценки контакта в модифицированной спироидной передаче // Известия вузов. Машиностроение. – 1998.- № 1-3.- С. 39-43. 6. *Кунивер А.С.* Управление параметрами пятна контакта в модифицированной спироидной передаче //Вестник машиностроения. – 2000. - №8. – С. 3-7. 7. *Кедринский В.Н., Писманик К.М.* Станки для обработки конических зубчатых колес. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1967. -584с. 8. Производство зубчатых колес: Справочник / С.Н. Калашников, А.С. Калашников, Г.И. Коган и др.; Под. общ. ред. Б.А. Тайца. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 464с.

Поступила в редакцию 30.04.2007