

А.С. КУНИВЕР, д.т.н., Ижевск, ИжГТУ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ВЕРШИН ЗУБЬЕВ ФРЕЗЫ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СПИРОИДНЫХ КОЛЕС

The paper gives the results of numerical investigations concerning the definition of maximum and minimum allowable values of tooth addendum diameter of a hob for modified spiroid gearwheel cutting. Recommendations on this diameter choice are given.

Одним из важных вопросов, решаемых при проектировании фрезы для нарезания модифицированных спироидных колес, является вопрос об определении диаметра d_{a0} вершин ее зубьев. При рассмотрении этого вопроса и вопроса о том, насколько указанный диаметр может быть изменен в результате переточек фрезы, необходимо располагать данными о его допустимых максимальном $(d_{a0})_{max}$ и минимальном $(d_{a0})_{min}$ значениях. Найти эти значения можно на основе анализа положения и размеров зон касания зацепляющихся элементов спироидной передачи и величины подрезанного участка зуба ее колеса (если подрезание имеется) при различных значениях d_{a0} .

Ниже приведены результаты численных исследований, связанных с определением параметров $(d_{a0})_{max}$ и $(d_{a0})_{min}$. Целью этих исследований являлось, во-первых, выявление влияния параметра d_{a0} на положение и размеры зон касания зацепляющихся элементов спироидной передачи и, во-вторых, накопление данных о влиянии передаточного отношения u_{12} этой передачи на $(d_{a0})_{max}$ и $(d_{a0})_{min}$.

В качестве объекта исследования были взяты модифицированные спироидные цилиндрические передачи с архимедовыми червяками, имеющие различные передаточные отношения u_{12} и осевые модули m_x витков этих червяков, но одинаковые следующие параметры: межосевое расстояние $a_w = 31,5$ мм; межосевой угол $\Sigma_I = 90^\circ$; диаметр вершин витков червяка $d_{a1} = 24$ мм; внешний и внутренний диаметры венца колеса соответственно $d_{e2} = 115$ мм и $d_{i2} = 78$ мм; углы профиля правой и левой боковых поверхностей витка червяка соответственно $\alpha_{R1} = 8^\circ$ и $\alpha_{L1} = 30^\circ$.

Рассматривались случаи нарезания колес данных передач фрезами двух видов: фрезой Φ_h , обеспечивающий профильную модификацию зубьев спироидного колеса, и фрезой Φ_{2hl}^C , обеспечивающей одновременно

профильную и продольную модификации этих зубьев. Первая из указанных фрез спрофилирована на основе спироидного производящего червяка с одной делительной поверхностью, выполненной в виде цилиндра, а вторая – на базе спироидного производящего червяка с двумя делительными поверхностями глобоидной формы, имеющими общую горловую окружность [1].

Геометрия производящих червяков, реализуемых фрезами Φ_h и их установка относительно нарезаемых колес характеризовались следующим: 1) отклонения профилей витка в их верхней и нижней активных точках от соответствующих профилей витка спироидного червяка находились в пределах 0,0135 – 0,020 мм; 2) значения угла Σ_0 скрещивания осей звеньев и межосевого расстояния a_{w0} пары производящий червяк – колесо были такими же, как и значения параметров Σ_l и a_w охарактеризованных выше спироидных передач.

Геометрия производящих червяков, реализуемых фрезами Φ_{2hl}^C , и их установка относительно нарезаемых колес характеризовались теми же параметрами, что и рассмотренные выше производящие червяки. Кроме того, отклонения образующих правой и левой делительных поверхностей от образующей делительного цилиндра спироидного червяка, рассматриваемые на расстоянии от точки касания образующих, равном половине ширины венца спироидного колеса, измеренной в плоскости, проведенной через ось фрезы параллельно оси колеса, находились соответственно в пределах 0,079 – 0,090 мм и 0,025 – 0,032 мм. Об осевом положении данных производящих червяков сказано далее.

При выполнении исследований границы зон касания на зубе спироидного колеса и координаты точек линии фактического подрезания этого зуба находились по методикам, изложенным в работах [2,3].

В случае формирования зубьев спироидного колеса фрезой Φ_h выбор $(d_{a0})_{max}$ и $(d_{a0})_{min}$ был ограничен следующими четырьмя требованиями: 1) при наличии подрезания зуба колеса площадь подрезанного участка не должна превышать 5 % от площади активного участка боковой поверхности этого зуба; 2) зона касания не должна иметь раздвоения; 3) размеры зоны касания по длине и высоте зуба колеса должны составлять соответственно не менее 80 % от длины и не менее 50 % от рабочей высоты зуба; 4) зона касания должна располагаться посередине рабочей высоты указанного зуба.

В случае формирования зубьев спироидного колеса фрезой Φ_{2hl}^C требований, ограничивающих выбор $(d_{a0})_{max}$ и $(d_{a0})_{min}$, было также четыре. Два из них являлись такими же, как и первые два требования в предыдущем случае. Что касается двух других требований, то они были следующими: 1) размеры зоны касания по длине и высоте зуба колеса должны составлять соответственно 60 – 80 % от длины и не менее 50 % от рабочей высоты зуба; 2) зона касания должна располагаться посередине длины и рабочей высоты данного зуба.

Как показал анализ положения и размеров зон касания на зубе спироидного колеса, соответствующих различным значениям d_{a0} и u_{12} , при

изменении d_{a0} эти зоны смещаются в направлениях, указанных на рис. 1. Через Δd_{a0} на этом рисунке обозначена разность

$$\Delta d_{a0} = d_{a0} - d_{a0, \text{ном}}, \quad (1)$$

где d_{a0} - действительное значение диаметра вершин зубьев фрезы; $d_{a0, \text{ном}}$ - номинальное значение этого диаметра, равное сумме $d_{a0} + 2c$, в которой величина c представляет собой радиальный зазор в передаче.

При выполнении численных исследования, связанных с определением $(d_{a0})_{\text{max}}$ и $(d_{a0})_{\text{min}}$, смещение зон касания по высоте зуба колеса устранялось путем изменения угла α_{Rl} (α_{Ll}) профиля витка червяка, зацепляющегося с этим колесом. Необходимая величина изменения $\Delta\alpha_l$ этого угла определялась на базе данных о приведенных зазорах между номинальной и главной боковыми поверхностями зуба колеса, рассматриваемых на вершине зуба и в плоскости, отстоящей от плоскости впадин колеса на величину c .

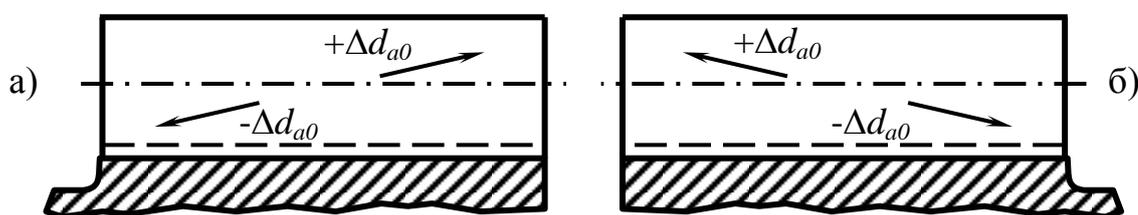


Рис. 1. Направления смещения зон касания на правой (а) и левой (б) поверхностях зуба спироидного колеса при изменении диаметра d_{a0} вершин зубьев спироидной фрезы

Что касается смещения зон касания по длине зубьев колеса, то оно в случае их формирования фрезой Φ_h допускалось таким, чтобы длины указанных зон не выходили за заданные пределы. В случае же формирования зубьев колеса фрезой Φ_{2hl}^C смещение зон касания по длине зубьев не допускалось и устранялось изменением осевого положения этой фрезы относительно колеса. Характеризовалось это положение величиной χ удаления плоскости горлового сечения делительных поверхностей фрезы от точки пересечения ее оси со средним цилиндром колеса. Значение χ считалось положительным (отрицательным), если расстояние от межосевой линии пары фреза-колесо до данной плоскости было меньшим (большим), чем расстояние от той же линии до указанной точки.

На рис. 2 и 3 приведены данные о параметрах $(d_{a0})_{\text{max}}$ и $(d_{a0})_{\text{min}}$ фрез Φ_h и Φ_{2hl}^C , представленные в виде графиков зависимости отношения d_{a0} / d_{a1} от u_{12} , построенных при $d_{a0} = (d_{a0})_{\text{max}}$ и $d_{a0} = (d_{a0})_{\text{min}}$. Проанализировав эти графики, можно сделать следующие выводы. Во-первых, с увеличением u_{12} расширяется область допускаемых значений диаметра d_{a0} фрез Φ_h и Φ_{2hl}^C . Во-вторых, при $u_{12} = 40 - 80$ эта область шире для фрезы Φ_{2hl}^C .

Дадим некоторые рекомендации по выбору значения диаметра d_{a0} спироидной фрезы.

При проектировании фрезы Φ_{2hl}^C значение d_{a0} желательно выбирать равным $(d_{a0})_{max}$, поскольку такой выбор обеспечивает наибольшие прочность и жесткость этой фрезы. Что касается фрезы Φ_h , то при выборе при ее проектировании значения d_{a0} нужно учитывать материал спироидного колеса. Если колесо изготавливается из бронзы, то значение d_{a0} можно выбрать равным $(d_{a0})_{max}$. Если же колесо изготавливается из стали или высокопрочного чугуна, то для улучшения условий прирабатываемости спироидной передачи значение d_{a0} следует выбирать близким к его номинальному значению.

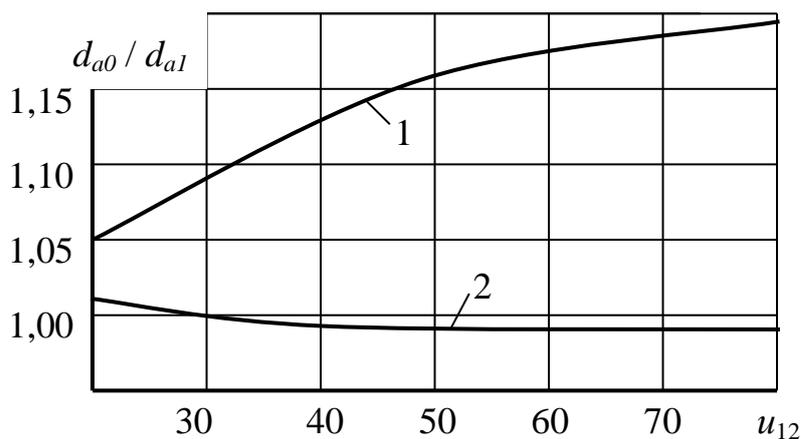


Рис. 2. Влияние u_{12} на отношение диаметра d_{a0} вершин зубьев спироидной фрезы Φ_h к диаметру d_{a1} вершин витков спироидного червяка:

1 - $d_{a0} = (d_{a0})_{max}$; 2 - $d_{a0} = (d_{a0})_{min}$

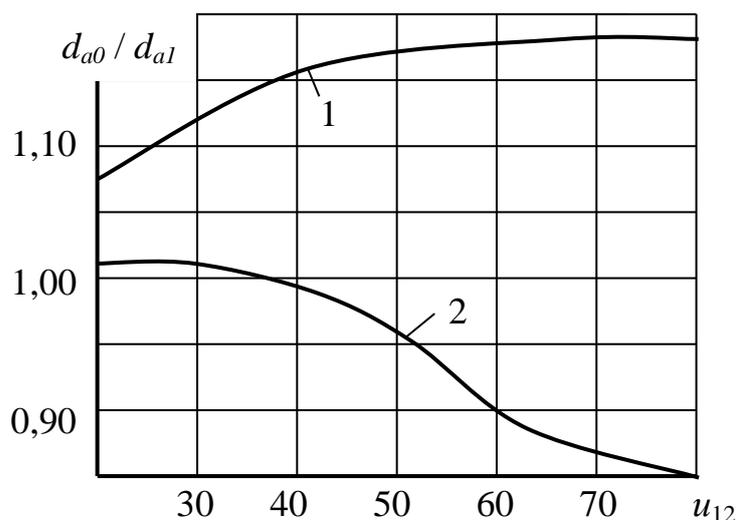


Рис. 3. Влияние u_{12} на отношение диаметра d_{a0} вершин зубьев спироидной фрезы Φ_{2hl}^C к диаметру d_{a1} вершин витков

спироидного червяка:

1 - $d_{a0} = (d_{a0})_{max}$, $\chi = 4...2,5$ при $u_{12} = 20...80$;

2 - $d_{a0} = (d_{a0})_{min}$, $\chi = -0,5...-1,5$ при $u_{12} = 20...80$

Обратим внимание на следующее. Выше отмечалось, что устранить смещение зон касания по высоте и длине зуба спироидного колеса, обусловленное отклонением значения диаметра d_{a0} от его номинального значения, можно путем изменения величин $\Delta\alpha_1$ и χ . Учитывая это, а также то, что при переточках фрезы значение d_{a0} уменьшается, представляется необходимым иметь графики зависимости величин $\Delta\alpha_1$ и χ от отношения d_{a0}/d_{a1} . На рис. 4 для примера показаны такие графики применительно к случаю использования фрезы Φ_{2hl}^C для нарезания колеса одной из охарактеризованных выше спироидных передач, имеющей $u_{12} = 39$. Через 1 и 2 на рис. 4 отмечены кривые зависимости $\Delta\alpha_1$ от d_{a0}/d_{a1} в случаях соответственно правой и левой боковых поверхностей витка червяка. Вертикальными штриховыми линиями здесь выделена область изменения

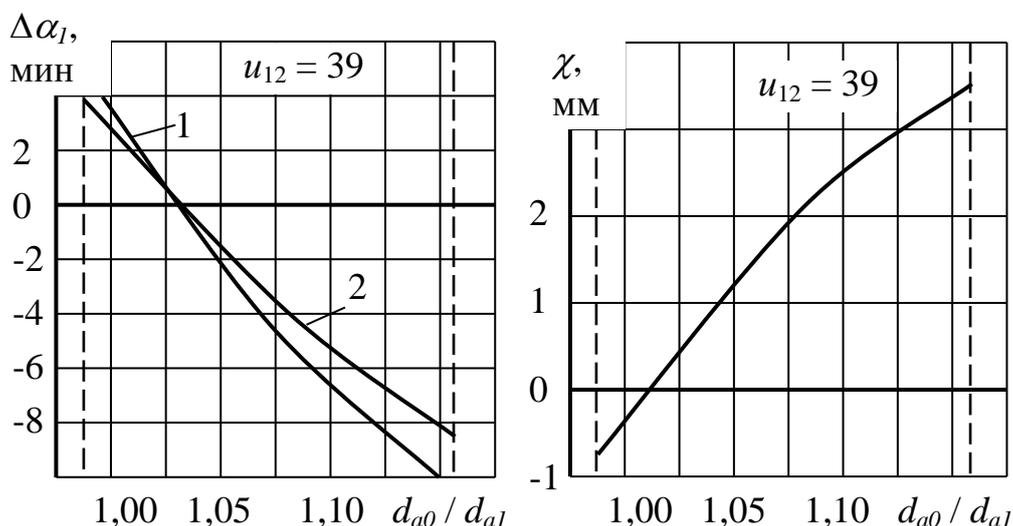


Рис. 4. Влияние отношения диаметра d_{a0} вершин зубьев спироидной фрезы Φ_{2hl}^C к диаметру d_{a1} вершин витков спироидного червяка на (а) величину $\Delta\alpha_1$ и (б) величину χ

d_{a0}/d_{a1} , на границах которой – $d_{a0} = (d_{a0})_{max}$ и $d_{a0} = (d_{a0})_{min}$.

Список литературы: 1. А.с. 1348099 СССР, МКИ В23F 21/16. Цилиндрическая спироидная фреза / А.С. Кунивер // Бюллетень изобретений. – 1987. – № 40. – С. 52. 2. Кунивер А.С. Метод оценки контакта в модифицированной спироидной передаче // Известия вузов. Машиностроение. – 1998. – № 1-3. – С.39-43. 3. Кунивер А.С. О подрезании зубьев колеса спироидной передачи с локализованным контактом // Развитие геометрической теории зубчатых зацеплений: Тез. докл. междунар. симпозиума. – Ижевск: ИжГТУ, 1993. С.40.