



TECHNOLOGICAL PRE-CONDITIONS OF WORM GEARS QUALITY BY TOOTH-TO-TOOTH COMPOSITE TOLERANCE

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПЛАВНОСТИ РАБОТЫ ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ

Dr.Eng. Sandler A.I.
JSC «Krasin pencil factory», Moscow, RUSSIA
E-mail: sandli@aha.ru

Abstract/ Резюме

The paper contains a technological basis for a forming a tolerance on a deviation between worm active and hob generating surfaces. A joint influence of angular profile and axial pitch deviations on an error of a pitch of action is analyzed. Calculation formulae are obtained. Particularly it is proposed: (i) to regulate separately a tolerance on organic deviation of worm and hob axial profiles related with a grinding wheels dressing and a tolerance on angular deviation of these profiles in result of setting-up errors worm-grinding and hob-relieving machines; (ii) to assign a tolerance for a profile angle of an active worm has only in minus relating its nominal value and a similar tolerance for a new hob only in plus. The proposed approach allows to ensure an identity of worm active and hob generating surfaces, to increase an allowable number of hob re-sharpening and to raise a quality of a worm gearing.

KEYWORDS: WORM GEARS, WORM HOB, GENERATING SURFACE, TOLERANCE.

1. Введение. Цель работы

Основные показатели точности червячной передачи регламентируются российским ГОСТ 3675-81 «Передачи червячные цилиндрические. Допуски», а также аналогичными стандартами ряда стран, где имели применение Стандарты СЭВ, в частности СТ СЭВ 311-76. Среди них важную роль играют такие параметры эксплуатационного качества, как нормы плавности работы для червяка и колеса.

Наряду с параметром идентичности f_{hs} , характеризующим величину допустимого отклонения профиля производящей поверхности фрезы от профиля витка рабочего червяка, к показателям плавности работы относятся: допустимые отклонения f_{r1} профиля витка червяка и f_{r2} профиля зуба колеса, допуски на шаговые погрешности f_{px} витков червяка и f_{pt} зубьев колеса.

На момент разработки указанных стандартов (1976г.) взаимосвязь этих параметров была мало изучена, однако в исследованиях последних десятилетий было накоплено достаточно новых знаний, которые позволяют уточнить такую взаимосвязь и учитывать взаимозависимость норм плавности работы червячных передач при проектировании и червяков, и червячных фрез для нарезания зубьев червячных колес.

Обеспечение параметра f_{hs} было ориентировано на решение только одной из основных задач проектирования и изготовления червячных передач, а именно: на достижение идентичности (сходимости) профилей рабочего червяка передачи и производящего червяка червячной фрезы в момент их изготовления.

На практике решение этой задачи сводится к выбору и осуществлению метода профилирования кругов для шлифования витков рабочего червяка и затылования боковых поверхностей зубьев червячной фрезы [1].

Однако практика изготовления червячных передач показала весомость и второй причины рассогласования профилей рабочего и производящего червяков, а именно – их угловое расхождение. Оно образуется, во-первых, за счет отклонения фактических параметров наладки станков от расчетных при изготовлении разных партий червяков и фрез [1]; во-вторых, за счет периодических переточек фрез по передним поверхностям [2].

Особенно важно влияние этого углового расхождения на плавность зацепления червяка и червячного колеса, определяемую сочетанием шагов зацепления. Учет этого влияния и составляет цель данной работы

2. Анализ параметров, влияющих на плавность зацепления.

В работах Г.Н. Островского и В. Г. Гущина [3] было показано, что плавность работы зубчатой передачи обеспечивается в том случае, если шаг зацепления ведущего звена больше шага зацепления ведомого. Применительно к червячным передачам это означает, что шаг зацепления (шаг между витками по линии зацепления) червяка t_{z1} должен быть больше шага зацепления червячного колеса. То есть червячное колесо должно быть нарезано фрезой с меньшим шагом зацепления t_{z0} , чем у рабочего червяка. Угловое расхождение профилей витка червяка и производящей поверхности фрезы имеет три независимых составляющих, а именно: 1) отклонение от номинала угла профиля витка червяка; 2) отклонение от номинала угла профиля боковой затылованной поверхности зубьев фрезы; 3) отклонение угла профиля производящей поверхности фрезы вследствие периодических переточек зубьев фрезы по передним винтовым поверхностям, - и условия, обеспечивающие плавность зацепления, должны быть описаны комплексом допусков на вышеназванные угловые отклонения профилей червяка и фрезы.

Источниками погрешности Δt_{z1} шага зацепления t_{z1} червяка являются, во-первых, погрешность f_{px} его осевого шага (в обозначениях ГОСТ 3675), а, во-вторых, отклонение угла $\Delta \alpha_1$ профиля витка.

$$\Delta t_{z1} = f_{px} \cdot \cos \alpha_1 - \pi \cdot m \cdot \sin \alpha_1 \cdot \Delta \alpha_1 \quad (1)$$

Для червяка, как для ведущего звена передачи, недопустимо уменьшение шага зацепления относительно его номинального значения, которому способствуют отрицательная погрешность осевого шага витка червяка и увеличение угла профиля витка относительно его номинала. Следовательно, для обеспечения условия $\Delta t_{z1} \geq 0$ необходимо обеспечить:

$f_{px} \cdot \cos \alpha_1 - \pi \cdot m \cdot \sin \alpha_1 \cdot \Delta \alpha_1 \geq 0$, или $\Delta \alpha_1 \leq f_{px} / (\pi \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha_1)$
То есть, с целью компенсации влияния отрицательного значения погрешности осевого шага червяка необходимо устанавливать допуск на угол профиля его витка только

минусовым. Условие формирования этого допуска $\delta\alpha_1$ определяют, исходя из величины отрицательной части допуска f_{px} на погрешность осевого шага согласно выражению:

$$\delta\alpha_1 \leq -f_{px}/(\pi \cdot m \cdot \operatorname{tg}\alpha_1) \quad (2)$$

Равенство правой и левой частей выражения (2) определяет верхнее значение допуска $\delta\alpha_1^{\max} = -f_{px}/(\pi \cdot m \cdot \operatorname{tg}\alpha_1)$ на угол профиля витка червяка. Нижнее значение допуска $\delta\alpha_1^{\min}$ определяет поле допуска на собственно изготовление червяка. В качестве поля допуска на изготовление целесообразно задаваться предусмотренным в стандарте допуском f_{p1} на профиль витка червяка. Отсюда,

$$\delta\alpha_1^{\min} = -f_{px}/(\pi \cdot m \cdot \operatorname{tg}\alpha_1) - f_{p1} \cdot \cos\alpha_1/2 \cdot m.$$

3. Взаимосвязь норм плавности червяка и колеса.

При проектировании червячной фрезы необходимо предусмотреть компенсацию влияния следующих погрешностей, увеличивающих шаг зацепления червячного колеса: положительного значения погрешности f_{px0} осевого шага производящего червяка; положительного значения погрешности f_{pt} окружного шага червячного колеса; влияние периодических переточек, уменьшающих угол профиля производящего червяка. Компенсацию влияния всех указанных составляющих осуществляют за счет соответствующего гарантированного уменьшения шага зацепления фрезы путем назначения положительных как верхнего, так и нижнего значений допуска на угол α_0 профиля боковых затылованных поверхностей зубьев фрезы.

С учетом того обстоятельства, что 1/3 допуска на погрешность f_{f2} профиля зуба колеса приходится на компенсацию погрешности профиля, вносимую огранкой, верхнее значение допуска $\delta\alpha_0^{\max}$ при изготовлении фрезы следует рассчитывать по формуле

$$\delta\alpha_0^{\max} = (f_{px} + f_{pt})/(\pi \cdot m \cdot \operatorname{tg}\alpha_1) + f_{f2} \cdot \cos\alpha_1/3 \cdot m, \quad (3)$$

где: f_{px} – положительная часть допуска на погрешность шага производящего червяка, принимаемая равной соответствующему допуску на червяк передачи;

f_{pt} – положительная часть допуска на окружной шаг червячного колеса;

f_{f2} – допуск на погрешность профиля зуба червячного колеса.

Следует различать нижнее значение $\delta\alpha_0^{\min}$ при изготовлении новой фрезы и нижнее значение $\delta\alpha_{0c}^{\min}$ для сточенной фрезы. Первое слагаемое выражения (3) определяет минимальное значение угла α_0 , необходимое для обеспечения условия плавности зацепления для червячного колеса и соответствующее величине угла профиля затылованной поверхности зубьев полностью переточенной фрезы.

$$\delta\alpha_{0c}^{\min} = (f_{px} + f_{pt})/(\pi \cdot m \cdot \operatorname{tg}\alpha_1) \quad (3.1)$$

Второе слагаемое выражения (3) определяет сумму поля допустимого изменения угла α_0 в процессе переточек и поля допуска на изготовление.

Анализ значений допуска f_{f2} на профиль зуба колеса, предусмотренных ГОСТ 3675-81, с учетом исследований работы [2], показал, что распределение величины $(f_{f2} \cdot \cos\alpha_1/3m)$ между полем допуска на переточки и полем допуска на изготовление фрезы наиболее целесообразно в равных долях. То есть при изготовлении новой фрезы нижнее допустимое отклонение угла α_0 должно составлять

$$\delta\alpha_0^{\min} = (f_{px} + f_{pt})/(\pi \cdot m \cdot \operatorname{tg}\alpha_1) + f_{f2} \cdot \cos\alpha_1/6 \cdot m \quad (3.2)$$

и допустимое изменение $\delta\alpha_{0i}$ угла α_0 в процессе переточек задают равным величине $\delta\alpha_{0i} = f_{f2} \cdot \cos\alpha_1/6 \cdot m$, которую в дальнейшем используют для расчета допустимого числа переточек [2].

Тем самым в процессе проектирования червяков и червячных фрез конструктивно оформляется необходимый зазор зацепления

$$Z_z = (2 \cdot f_{px} + f_{pt}) \cdot \cos\alpha_1, \quad (4)$$

который обеспечит условие плавности работы в передаче – превышение шага зацепления ведущего звена над шагом зацепления ведомого.

4. Заключение

Из изложенного следует, что действующие в настоящее время стандарты, регламентирующие параметры точности червячных передач, не в полной мере обеспечивают нормативность условий плавности работы передачи.

В рабочих чертежах червяка и червячной фрезы, помимо допуска на несовпадение формы профилей рабочего и производящего червяков f_{fs} , необходимо регламентировать следующие параметры:

- 1) верхнее и нижнее допустимые отклонения угла профиля витка рабочего червяка передачи, причем эти допуски следует назначать только в минус относительно номинала;
- 2) верхнее и нижнее допустимые отклонения угла профиля затылованных боковых поверхностей зубьев червячной фрезы при ее изготовлении и допуск на переточки фрезы, причем для компенсации влияния погрешности шага зацепления червячного колеса оба отклонения следует назначать только в плюс относительно номинала.

5. Литература

1. Лагутин С.А., Сандлер А.И. Шлифование винтовых и затылованных поверхностей // М. Машиностроение, 1991, 112 с.
2. Сандлер А. И. Сохранение точности червячных фрез при переточках // В сб. «Пространство зацеплений», Ижевск, изд-во ИЖГТУ, 2001. С. 95-102.
3. Островский Г.Н., Гушин В.Г. Прямозубая цилиндрическая передача с разно направленными отклонениями шага зацепления у зубчатых колес // Изв. ВУЗов, Машиностроение, 1980, М. С. 54-57.