

МАШИНОСТРОЕНИЕ

В. И. ГОЛИКОВ, Г. А. КЛЕЗЯН

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ДОЛБЯКА НА ТОЧНОСТЬ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

Для исследования влияния погрешностей параметров долбяка на точность основных параметров зубчатого колеса исходим из основного уравнения кинематики процесса обкатки [1]:

$$r_0 = \frac{V_z}{\omega} = \frac{V_{\text{ин}}}{\omega} \cos \alpha_1$$

где r_0 — радиус основной окружности колеса; ω — угловая скорость заготовки; $V_{\text{ин}}$ — линейная скорость долбяка в направлении касательной к делительной окружности; α_1 — профильный угол исходного контура. Дифференцируя это уравнение по α_1 и заменяя дифференциалы конечными приращениями, получим [2]:

$$\Delta r_0 = \frac{\cos \alpha_1}{\omega} \Delta V_{\text{ин}} - \frac{V_{\text{ин}} \sin \alpha_1}{\omega} \Delta \alpha_1 - \frac{V_{\text{ин}} \cos \alpha_1}{\omega^2} \Delta \omega. \quad (1)$$

Последний член уравнения (1) выражает влияния погрешностей кинематики станка и жесткости системы СПИД. Приняв эти погрешности равными нулю, получим уравнение изменения радиуса основной окружности от установки и погрешностей долбяка:

$$\Delta r_0 = \frac{\cos \alpha_1}{\omega} \Delta V_{\text{ин}} - \frac{V_{\text{ин}} \sin \alpha_1}{\omega} \Delta \alpha_1. \quad (2)$$

Второй член выражения (2) показывает изменение радиуса основной окружности от погрешности угла профиля долбяка; влияние же других элементов долбяка выражается первым членом. Как видно, точность долбяка наиболее полно выражается погрешностью перемещения долбяка. Все неточности долбяка могут быть приписаны к единой суммарной ошибке, действующей вдоль линии зацепления AB (рис. 1). Основываясь на [2], в статье выявлено влияние погрешности угла профиля исходного контура долбяка на погрешность профиля зубчатого колеса.

Ведомое звено, соприкасаясь с боковой поверхностью долбяка, при вращении будет перемещаться по линии зацепления AB (рис. 1). При повороте долбяка на один угловой шаг γ ведомое звено переместится на $F = l_0 (l_0$ — основной шаг). Из-за наличия погрешности угла

профиля ошибка положения ведомого звена может быть определена выражением:

$$\Delta \tilde{F}_a = -\frac{mz\varphi \sin \alpha_d}{2} \Delta \alpha_d.$$

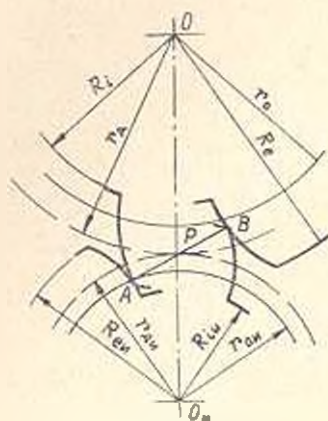


Рис. 1.

Ошибка положения при повороте долбяка от φ_1 до φ_2 :

$$\Delta F_a = -\frac{mz(\varphi_2 - \varphi_1) \sin \alpha_1}{2} \Delta \alpha_1.$$

Значение ошибки перемещения ведомого звена за оборот на угол γ :

$$\Delta F_a = -\frac{mz\varphi \sin \alpha_1}{2} \frac{\gamma}{\varphi} \Delta \alpha_1 = -\pi m \sin \alpha_1 \Delta \alpha_1. \quad (3)$$

Выражая m в мм, $\Delta \alpha_1$ в мин, ΔF_a в мк, ошибка положения ведомого звена примет вид:

$$\Delta F_a = -0,3123 m \Delta \alpha_1.$$

Вследствие неточности угла профиля исходного контура долбяка погрешность профиля эвольвенты нарезаемого колеса для всего единичного профиля может быть определена из выражений [1]:

$$\Delta f = \int_0^{\gamma} \delta r_0 d\varphi; \quad \Delta f_1 = -\pi m \sin \alpha_1 \Delta \alpha_1,$$

где z — коэффициент перекрытий.

Кроме того, используя (3), погрешность профиля эвольвенты нарезаемого колеса будет:

$$\Delta f_a = \epsilon \Delta F_a = -\pi m \sin \alpha_1 \Delta \alpha_1. \quad (4)$$

Коэффициент перекрытия двух зубчатых колес определяется формулой [3]:

$$\epsilon = \frac{\sqrt{R_{1a}^2 - r_{01}^2} + \sqrt{R_{2a}^2 - r_{02}^2} - A \sin \alpha_1}{l_0}, \quad (5)$$

где $R_{сн}$, R_c — соответственно радиусы окружностей выступов долбяка и обрабатываемого колеса;

$r_{сн}$, r_c — соответственно радиусы основных окружностей долбяка и обрабатываемого колеса;

A — межцентровое расстояние.

После ряда преобразований формула (5) примет следующий вид:

$$\epsilon = \frac{\sqrt{\frac{z_n^2}{4} \sin^2 \alpha_1 + z_n + 1} + \sqrt{\frac{z^2}{4} \sin^2 \alpha_1 + z + 1} - \frac{z_n + z}{2} \sin \alpha_1}{\pi \cos \alpha_1} \quad (6)$$

где z_n — число зубьев долбяка; z — число зубьев обрабатываемого колеса.

Используя (6), выражение (4) примет вид:

$$\Delta f_s = -m \left(\sqrt{\frac{z_n^2}{4} \sin^2 \alpha_1 + z_n + 1} + \sqrt{\frac{z^2}{4} \sin^2 \alpha_1 + z + 1} - \frac{z_n + z}{2} \sin \alpha_1 \right) \operatorname{tg} \alpha_2 \Delta \alpha_1.$$

Если m выразить в мм, $\Delta \alpha_1$ — в мин, то Δf_s в мк будет:

$$\Delta f_s = -C m \Delta \alpha_1,$$

где

$$C = 0,1058 \left[\sqrt{0,02924 z_n^2 + z_n + 1} + \sqrt{0,02924 z^2 + z + 1} - (z_n + z) 0,17101 \right].$$

При различных значениях чисел зубьев долбяка и колеса значения C изменяются в пределах: $C = 0,4643 - 0,6012$. Если принять среднее значение C , то погрешность профиля будет:

$$\Delta f_s = -0,533 m \Delta \alpha_1.$$

Влияние погрешности угла профиля $\Delta \alpha_2$ на основной шаг колеса определяется из выражения:

$$t_0 = t \cos \alpha_2 = \pi m \cos \alpha_2.$$

Продифференцировав его по α_2 и заменив дифференциалы конечными приращениями, получим:

$$\Delta t_0 = -\pi m \sin \alpha_2 \Delta \alpha_2.$$

Выражая m в мм, $\Delta \alpha_2$ — в мин, Δt_0 в мк будет:

$$\Delta t_0 = -0,3123 m \Delta \alpha_2.$$

На рис. 2 показано влияние погрешности угла профиля исходного контура долбяка $\Delta \alpha_2$ на погрешности профиля нарезаемого колеса.

Далее, используя выражение перемещения ведомого звена, можно определить влияние погрешности окружного шага долбяка на параметры обрабатываемого колеса:

$$\Delta F_z = \frac{\pi}{\gamma} \cos \alpha_1 \Delta t = \frac{\pi z}{2\pi} \cos \alpha_1 \Delta t.$$

Ошибка перемещения при повороте долбяка на угол γ :

$$\Delta F_z = \cos \alpha_1 \Delta t.$$

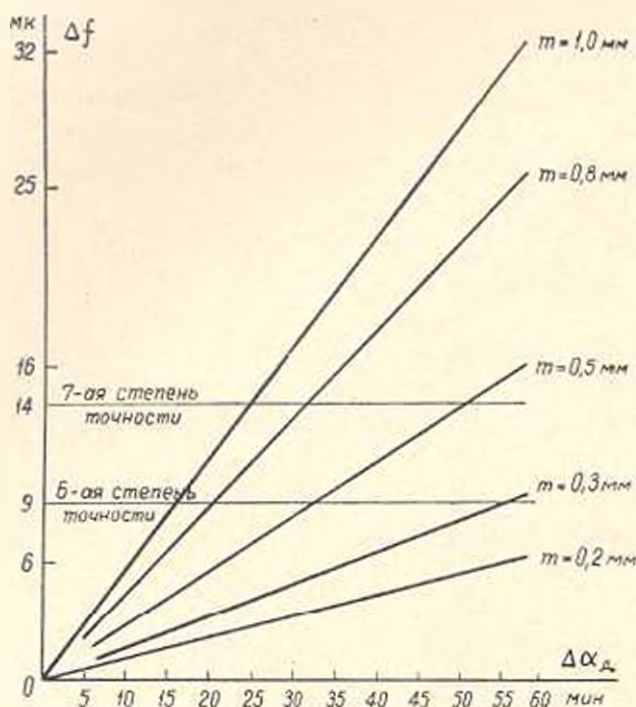


Рис. 2.

Так как профиль колеса образуется на длине линии зацепления, то погрешность профиля можно определить по формуле:

$$\Delta f_1 = \varepsilon \Delta F_z = \varepsilon \cos \alpha_1 \Delta t.$$

Ошибка перемещения при повороте долбяка на угол γ :

$$\Delta F_z = \Delta t_0.$$

Вследствие погрешности основного шага долбяка по длине линии зацепления ошибку профиля нарезаемого колеса можно определить по формуле:

$$\Delta f_1 = \varepsilon \Delta F_z = \varepsilon \Delta t_0.$$

Վ. Ի. ԴՈՒԿՈՎ, Դ. Ա. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

ԱՏԱՄԱՆՆԻՒԹԻ ԿՇՏՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ԹՈՐՄԱՆԻ ՈՐՈՇ ՊԱՐԱՄԵՏՐՆԵՐԻ
ՍԽԱԼԱՆՔՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ա Վ Ի Ո Վ Ի Ա Մ

Հիմնվելով մշակման պրոցեսի էինոմատիկայի համապատասխան վերլուծության վրա, թորմանի անճշտությունները բերված են մեկ դոմարային սխալի, որն ազդում է անիվ-թորման պուլսի կառուցման դժի երկայնությամբ: Արտածված է բանաձև, որն արտահայտում է թորմանի սկզբնական եղբայրների պրոֆիլի տեղյան սխալների ազդեցությունը տոտամանիվի պրոֆիլի սխալների վրա: Բացահայտված է շրջանագծային քայլի սխալների ազդեցությունը մշակվող անիվի պարամետրների վրա:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Калинин Н. А. Исследование зубчатых передач. Часть I. Машгиз, 1941.
2. Голиков В. И. Технология изготовления точных цилиндрических колес. Машгиз, 1968.
3. Артаболевский С. И. Теория механизмов и машин. 1965.