

Василенок В.Д., Бирич В.В.

ПРИТУПЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ КРОМОК ЗУБЬЕВ*Белорусский национальный технический университет**г.Минск, Беларусь*

Решается задача геометрического расчета притупления продольных кромок зубьев другой окружности.

Профильные кромки зубьев во многих случаях обрабатывают с помощью шлифовальной головки, удерживаемой руками, в результате чего в зоне опасного сечения кромки оказываются часто непритупленными. Полирование кромок преимущественно не производят и образующиеся при шлифовании поперечные риски являются дополнительными концентраторами напряжений. По данным Решетова Д.Н., Кораблева А.И. изгибная прочность зубьев, кромки которых были закруглены на специальных станках, оказались на 17% выше, чем зубьев, контур которых был опилен вручную. Отмечается и необходимость соблюдения одинаковых размеров притуплений продольных кромок зубьев одного и того же модуля. От характера притупления продольных кромок зависит величина давлений и их распределение по длине зубьев в начале и конце зацепления. Рассмотрим геометрический расчет притупления продольной кромки зубьев рис.1 в торцовой плоскости другой окружности радиуса R с центром в точке $Ц$. Вариант 1. Пусть притупление задано следующими параметрами: hk -высота притупления, R - радиус притупления, α^* -угол перелома торцового профиля в точке $К$ начала притупления. Найдем координаты точки $Ц$: полярные - $\psi_{ц}$ и $\eta_{ц}$ и декартовы- $x_{ц}$ и $y_{ц}$. Рассматривая треугольник $ОХЦ$ (рис.1) при $\alpha^* \geq 0$, получим

$$r_{ц} = \sqrt{r_{к}^2 + R^2 - 2r_{к} R \sin(\alpha_{к} + \alpha^*)},$$

где $r_{к} = r_{а} - h_{к}$

$$\alpha_{к} = \arccos \frac{r_{б}}{r_{к}}.$$

Далее, используя свойство эвольвенты и рассматривая рис.2, найдем

$$\psi_{ц} = \alpha_{к} - \mathcal{G}_{к} - \beta_{к} = \psi_{б} - \beta_{к} - \text{inv } \alpha_{к},$$

где $\mathcal{G}_{к} = \text{tg } \alpha_{к} - \psi_{б}$,

$$\beta_{к} = \arccos \frac{r_{к}^2 + r_{ц}^2 - R^2}{2r_{к} r_{ц}}.$$

Если $\alpha^* = 0$, решение упростится

$$\psi_{\text{ц}} = \alpha_{\text{ц}} - \vartheta_{\text{к}},$$

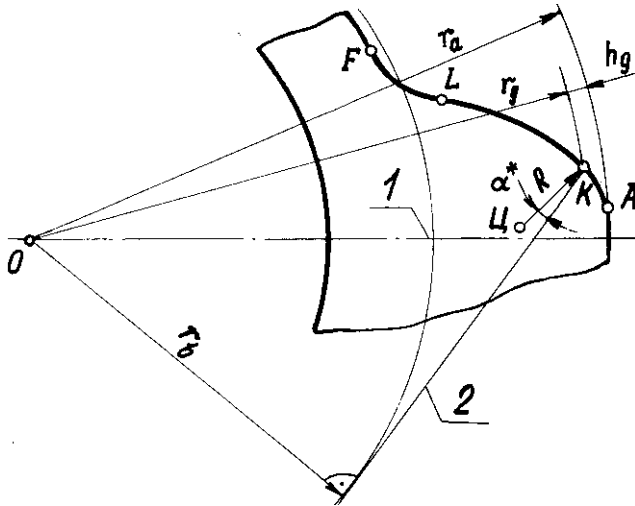


Рис. 1

где $\rho_{\text{к}} = r_{\text{к}} \sin \alpha_{\text{к}}$;

$$\alpha_{\text{ц}} = \arctg \frac{\rho_{\text{к}} - R}{r_{\text{б}}}$$

Следует отметить, что при любых значениях $\alpha^* \geq 0$, декартовы координаты точек Ц и В определяются для трех вариантов, приведенных в настоящей работе, по одним и тем же формулам. Декартовы координаты точки Ц находятся из следующих выражений:

$$x_{\text{ц}} = r_{\text{ц}} \cos \psi_{\text{ц}};$$

$$y_{\text{ц}} = r_{\text{ц}} \sin \psi_{\text{ц}}.$$

Декартовы координаты точки В определяются выражениями

$$x_{\text{в}} = r_{\text{а}} \cos \psi_{\text{ам}}; \quad y_{\text{в}} = r_{\text{а}} \sin \psi_{\text{ам}};$$

где $\psi_{\text{ам}} = \psi_{\text{ц}} + \psi_{\text{R}}$; $\psi_{\text{R}} = \arccos \frac{r_{\text{а}}^2 + r_{\text{ц}}^2 - R^2}{2r_{\text{а}}r_{\text{ц}}}$.

Решение корректно, если будут выполнены следующие условия:

$$r_{\text{ц}} \geq r_{\text{а}} - R, \quad R \leq \frac{\rho_{\text{к}}}{\cos \alpha^*}, \quad \psi_{\text{R}} > 0, \quad \psi_{\text{ам}} \geq 0.$$

Если хотя бы одно из условий окажется невыполненным, то исходные данные не удовлетворительны и приведенные выше формулы теряют силу.

Нормальная толщина притупленного зуба на поверхности вершины будет:

$$S_{\text{на}} = 2r_{\text{а}} \psi_{\text{ам}} \cos \arctg \frac{r_{\text{а}} \operatorname{tg} \beta}{r},$$

где β – угол наклона зубьев,

r – делительный радиус.

В случае, если притупляется зуб с модифицированной головкой и линия модификации зуба тоже эвольвента, то при определении координат точки Ц, надо в приведенные выше формулы, вместо параметров эвольвенты rb и ψb подставить параметры rbm $\psi bm = \psi m + \psi \Delta$, точные значения которых приведены в [3, 4].

Вычислим теперь функцию $\Delta_y = \Delta_y(\rho_y)$, где Δ_y – глубина притупления в текущей точке P , находящейся на эвольвенте 2, определяемая аргументом ρ_y . Или Δ_y – расстояние от текущей точки P до линии притупления 5 в направлении касательной PM_y к основной окружности 1, (рис. 1). Тогда получим

$$\Delta_y = \rho_y - r_{\text{ц}} \sin(\nu_y + \psi_{\text{ц}}) - R \cos \varphi_y,$$

где $\varrho_y = \frac{\rho_y}{r_b} - \psi_b$;

$$\psi_y = \arcsin \frac{r_b - r_u \cos(\varrho_y + \psi_u)}{R}$$

Из рис. 2 видно, что наибольшая глубина притупления Δ_{ya} будет в точке А, а наименьшая (равная нулю) - в точке К. Тогда аргумент ρ_y находится в интервале

$$\rho_k \leq \rho_y \leq \rho_a,$$

где $\rho_k = r_k \sin \arccos \frac{r_b}{r_k}$;

$$\rho_a = r_a \sin \arccos \frac{r_b}{r_a}.$$

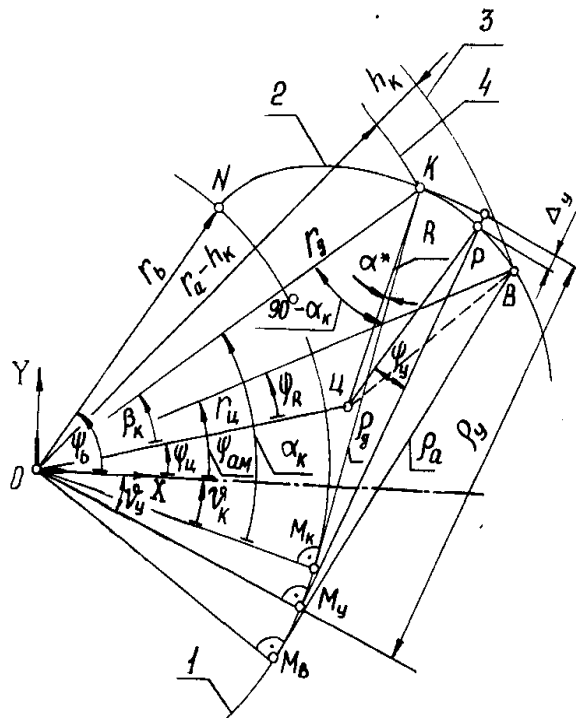


Рис. 2

Вариант 2. Притупление задано параметрами: hk , α^* и Δ_y .

Найдем координаты точки Ц. Сначала определим координаты точки С, из рис. 2 имеем

$$r_c = \sqrt{r_b^2 + (\rho_a - \Delta_{ya})^2};$$

$$\psi_c = \arctg \frac{\rho_a - \Delta_{ya}}{r_b} - \varrho_a,$$

где $\rho_a = r_a \sin \arccos \frac{r_b}{r_a}$;

$$\mathcal{G}_a = \frac{\rho_a}{r_b} - \psi_b.$$

Рассматривая прямоугольный треугольник ОТК (рис. 2), получим длины отрезков

$$\overline{OT} = r_k \cos(\alpha^* + \mathcal{G}_k + \psi_k);$$

$$\overline{KT} = r_k \sin(\alpha^* + \mathcal{G}_k + \psi_k);$$

где $r_k = r_a - h_k$;

$$\psi_k = \psi_b - \text{inv arccos} \frac{r_b}{r_k};$$

$$\mathcal{G}_k = \frac{\rho_k}{r_b} - \psi_b;$$

$$\rho_k = r_k \sin \alpha_k;$$

$$\alpha_k = \arccos \frac{r_b}{r_k},$$

используя зависимость между отрезками двух взаимно нормальных хорд в круге радиуса R, одна из которых является его диаметром, найдем

$$R = \frac{a_0^2 + b_0^2}{2b_0};$$

где $b_0 = \overline{Kn}$;

$$a_0 = \overline{Cn} = \overline{TE};$$

$$b_0 = \overline{KT} - r_c \sin(\alpha^* + \mathcal{G}_k + \psi_c);$$

$$a_0 = r_c \cos(\alpha^* + \mathcal{G}_k + \psi_c) - \overline{OT}.$$

Тогда полярные координаты точки Ц определяются выражениями

$$\psi_{\text{ц}} = \arccos \frac{r_m}{r_{\text{ц}}} - \alpha^* - \mathcal{G}_k;$$

$$r_{\text{ц}} = \sqrt{\overline{OT}^2 + (\overline{KT} - R)^2}.$$

Вариант 3. Притупление задано параметрами hk , R и Δ_{ya} .

Найдем полярные координаты точки C (рис.2)

$$r_c = \sqrt{r_b^2 + (\rho_a - \Delta_{ya})^2};$$

$$\psi_c = \arctg \frac{\rho_a - \Delta_{ya}}{r_b} - \mathcal{G}_a,$$

где $\rho_a = r_a \sin \alpha_a$;

$$\mathcal{G}_a = \frac{\rho_a}{r_b} - \psi_b;$$

$$\alpha_a = \arccos \frac{r_b}{r_a}.$$

Полярные координаты точки Ц определяются из следующих выражений:

$$\psi_{\text{ц}} = \alpha_{\text{к}} - \mathcal{G}_{\text{к}} - \beta_{\text{к}};$$

$$r_{\text{ц}} = \sqrt{r_{\text{к}}^2 + R^2 - 2r_{\text{к}}R\sin(\alpha_{\text{к}} + \alpha^*)},$$

где $r_{\text{к}} = r_a - h_{\text{к}};$

$$\beta_{\text{к}} = \arccos \frac{r_{\text{к}}^2 + r_{\text{ц}}^2 - R^2}{2r_{\text{к}}r_{\text{ц}}};$$

$$\rho_{\text{к}} = r_{\text{к}} \sin \alpha_{\text{к}};$$

$$\alpha_{\text{к}} = \arccos \frac{r_b}{r_{\text{к}}};$$

$$\mathcal{G}_{\text{к}} = \frac{\rho_{\text{к}}}{r_b} - \psi_b;$$

$$\alpha^* = \alpha_{\text{к}} - \psi_{\text{к}} - \mathcal{G}_{\text{к}};$$

$$\psi_{\text{к}} = \psi_b - \operatorname{inv} \arccos \frac{r_b}{r_{\text{к}}}.$$

По приведенным выше формулам (вариант 1) проводится числовой параметр расчета координат центра Ц окружности притупления для зубчатого колеса с исходными данными: $Z=14$, $m=6$ мм, $\beta=18^\circ$, $\alpha=20^\circ$, $h^*a=1$, $h^*l=2$, $C^*=0.2951$, $x=0,6$, $\delta=0$, $AHr=245$ мкм, $hk=0,448$ мм; $R=1,2$ мм; $\alpha^*=1^\circ$, Координаты центра Ц будут (условия корректности соблюдены): полярные - $\psi_{\text{ц}}=0,01124$ рад, $r_{\text{ц}}=52,54$ мм, декартовы- $x_{\text{ц}}=52,53$ мм; $y_{\text{ц}}=0,578$ мм.

УДК 629.113.073

Гурвич Ю.А.

ВЫБОР КРИТЕРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА СЕТОК

ГУО «Институт пограничной службы Республики Беларусь»

Минск, Беларусь

Показано, что задачи выбора критерия, разработки методики комплекса программ многокритериальной оптимизации параметров транспортных средств во всем скоростном диапазоне движения машин должны решаться методами

случайного поиска. С помощью методов Монте-Карло и ЛПТ - последовательности, по сравнению с методом сеток, выполняется минимальное количество вычислительных процедур за счет варьирования значениями сразу всех параметров.

Результаты данных исследований необходимо ввести в курсы лекций и практических занятий для студентов и курсантов технических вузов.

Задачи многокритериальной оптимизации значений геометрических, конструктивных и других параметров автомобилей во всем скоростном диапазоне движения на стадии их проектирования являются сложными научно-техническими задачами.