УДК 621.774

А. А. Чуев

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЗНОСТЕННОСТИ КОНЦОВ ГИЛЬЗ

Решена задача определения параметров профиля и объема сферической части оправок для использования в программах оценки точности гильз.

Розв'язана задача визначення параметрів профілю та об'єму сферичної частини оправок для використання в програмах оцінки точності гільз.

The problem of determination of the shape parameters and the volume of the spherical part of mandrels had been solved for use in the programs of evaluating the shell precision.

Разностенность концов гильз, определяя величину технологической обрези, является существенным фактором, учет которого необходим при технологических расчетах и решении задач планирования с использованием модели технологического процесса прокатки.

Модель технологического процесса может использовать как расчетные, так и выбираемые из баз данных параметры. В случаях существенного влияния технологических факторов на величину используемых моделями параметров, более предпочтительным является использование величин, определяемых расчетом.

Использование параметров очага деформации прошивного стана для оценки длины концевых участков гильзы с повышенной разностенностью предполагает, наряду с учетом наружных размеров очага, определение размеров и текущих координат его внутренней полости.

При расчете текущих координат поверхности оправок, наряду с длиной участков рабочей поверхности и конусностью калибрующего участка, используется радиус сферической части рабочей поверхности оправки.

Величина радиуса сферической части оправок обеспечивает сопряжение конической поверхности калибрующего участка с носком оправки. И для программ станков с ЧПУ, обрабатывающих поверхность оправок, и при расчетах параметров очага деформации требуется точная величина этого радиуса, в то же время на чертежах, данные которых используются программным обеспечением для технологических расчетов, оправки объединены в размерные группы с одним радиусом.

Для исключения сбоев автоматических расчетов необходимо учитывать отклонения чертежных размеров от идеальных.

Поскольку для определения текущих координат сферической части оправки используются формулы, учитывающие расположение центра вращения, описывающего радиуса, см. схему на рис.1. то в задачу формирования точных координат входит их расчет.

Точное значение радиуса, обеспечивающего сопряжение поверхностей калибрующего участка и носка оправки, определяется по известной формуле (1) [1, 2] .

$$\rho = \frac{\left(\delta''_{\Pi} - \delta'_{\Pi}\right)^2 + 4L^2}{4\left[\left(\delta''_{\Pi} - \delta'_{\Pi}\right)\cos\alpha - 2L\sin\alpha\right]} \qquad (1)$$

где:

$\delta''_{\Pi} = 2 \cdot r_k$ - максимальный диаметр физического участка оправки (см. рис.2)

$\delta'_{\Pi} = 2 \cdot r_H$ - диаметр носка оправки

При применении в расчетах этой величины радиуса, координаты его центра вращения определяются как:

$$X_0 = \rho \cdot \sin\alpha \qquad (2)$$

$$Y_0 = \rho\cos\alpha \qquad (3)$$

В случае применения для расчетов округленных чертежных размеров оправок формулы (2) и (3) применять нельзя, так как они дают разрыв сопряжения и разрыв расчетной функции, что вызывает сбой в расчете.

Для случая применения в расчетах параметров оправок, радиус сферической части которых задан и отличается от рассчитанного по формуле (1) предлагается использовать методику получения координат центра вращения радиуса при заданной его величине:

Согласно схеме рис. 1

$$Y_0 = \sqrt{\rho^2 - \left(l + X_0\right)^2}$$

$$X_0 = \sqrt{\rho^2 \left(Y_0 + h\right)^2}$$

Решим систему этих уравнений

После подстановки Y_0 в X_0 и преобразования получаем квадратное уравнение вида

$$a{X_0}^2 + bX_0 + c = 0$$

Откуда X_0 равно:

$$X_0 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

где

$$a = 4\left(l^2 + h^2\right)$$

 ISSN 1991-7848

$$b = 4\left(l^3 + l \cdot h^2\right)$$
$$c = l^4 + h^4 + 2l^2 \cdot h^2 - 4h^2\rho^2$$

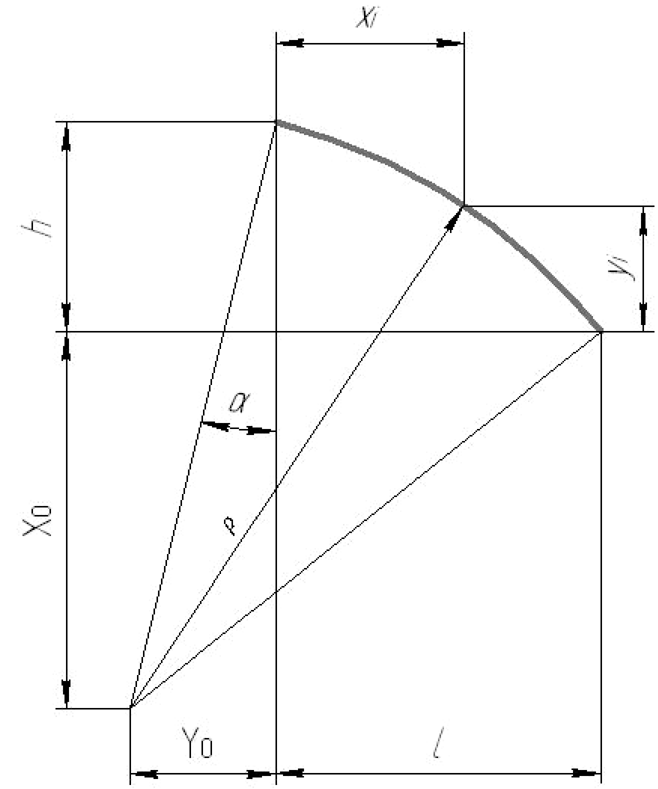

Рисунок 1 – К расчету профиля сферической части оправки прошивного стана

Величину Y_0 находим из выражения, подставив значение X_0:

$$Y_0 = \sqrt{\rho^2 - \left(l + X_0\right)^2}$$

Угол сопряжения сферы с конусной поверхностью, который в дальнейшем должен использоваться вместо конусности калибрующего участка в расчетах текущих координат профиля оправки:

$$\alpha = \arcsin\frac{X_0}{\rho}$$

* * *

При определении объема металла участков гильз с повышенной разностенностью важным является расчет объема сферической части оправки прошивного стана.

Для вывода формулы определения объема сферической части оправки используем схему, показанную на рис.2.

Уравнением контура сферической поверхности оправки является:

$$y = \sqrt{\rho^2 - (N + x)^2} - M$$

где:

$$N = \rho \cdot \sin\alpha$$

$$M = \rho \cdot \cos\alpha - r_k$$

$$r_k = \frac{D_0 - 2L_k \cdot tg\alpha}{2}$$

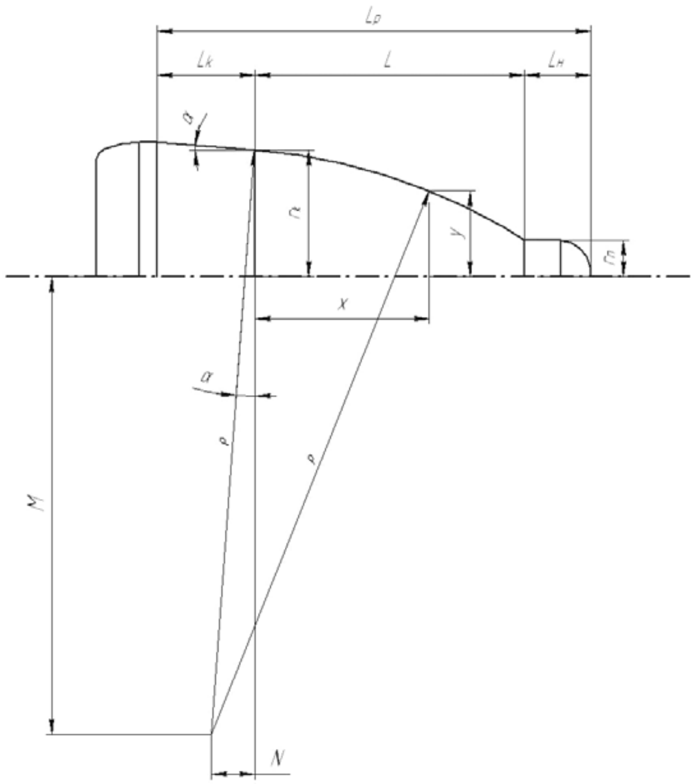

Рисунок 2 – Профиль оправки прошивного стана

Объем сферической части оправки:

$$V = \pi\int_0^L y^2 dx = \pi\int_0^L \left(\sqrt{\rho^2 - (N + x)^2} - M\right)^2 dx$$

где:

$$L = L_p - L_k - L_H$$

Преобразуем подинтегральное выражение:

$$\pi\int_0^L (\sqrt{\rho^2 - (N + x)^2} - M)^2 dx = \pi\int\left(\rho^2 - (N + x)^2 - 2M\sqrt{\rho^2 - (N + x)^2} + M^2\right)dx =$$

$$= \pi\int_0^L\left(\rho^2 - N^2 - 2Nx - x^2 + M^2 - 2M\sqrt{\rho^2 - (N + x)^2}\right)dx =$$

$$= \pi\left(\left(\rho^2 - N^2 + M^2\right)\int_0^L dx - 2N\int_0^L xdx - \int_0^L x^2 dx - 2M\int\left(\sqrt{\rho^2 - (N + x)^2}\right)dx\right)$$

 ISSN 1991-7848

Последний интеграл при замене $N+x=X$ превращается в интеграл вида $\int\sqrt{a^2-x^2}dx$, который решается с помощью подстановки $t=\arcsin\dfrac{x}{a}$ (Фихтингольц Г.М., Курс дифференциального и интегрального исчисления, стр.26) и равен:

$$\frac{1}{2}X\cdot\sqrt{a^2-X^2}+\frac{a^2}{2}\cdot\arcsin\frac{X}{a}+c.$$

В нашем случае после подстановки $X=N+x$ он равен:

$$\frac{1}{2}(N+x)\cdot\sqrt{\rho^2-(N+x)^2}+\frac{\rho^2}{2}\cdot\arcsin\frac{(N+x)}{\rho}+c$$

Отсюда:

$$V=\pi\left(\left(\rho^2-N^2+M^2\right)x\Big|_0^L-Nx^2\Big|_0^L-\frac{x^3}{3}\Big|_0^L-2M\left(\frac{1}{2}(N+x)\cdot\sqrt{\rho^2-(N+x)^2}+\frac{\rho^2}{2}\cdot\arcsin\frac{(N+x)}{\rho}\right)\Big|_0^L\right)=$$

$$=\pi\left[\left(\rho^2+M^2-N^2\right)\cdot L-0-NL^2+0-\frac{L^3}{3}+0-2M\left(\frac{1}{2}(N+L)\sqrt{\rho^2-(N+L)^2}+\frac{\rho^2}{2}\arcsin\frac{(N+L)}{\rho}-\right.\right.$$

$$\left.\left.-\frac{1}{2}N\cdot\sqrt{\rho^2-N^2}-\frac{\rho^2}{2}\arcsin\frac{N}{\rho}\right)\right]$$

Окончательно объем сферической части оправки любой длины L начиная с X=0 в соответствии со схемой на рис. 2 равен:

$$Vc=\pi\left(\left(\rho^2+M^2-N^2\right)\cdot L-NL^2-\frac{L^3}{3}-2M\left(\frac{1}{2}(N+L)\cdot\sqrt{\rho^2-(N+L)^2}+\frac{\rho^2}{2}\arcsin\frac{(N+L)}{\rho}-\right.\right.$$

$$\left.\left.-\frac{1}{2}N\sqrt{\rho^2-N^2}-\frac{\rho^2}{2}\arcsin\frac{N}{\rho}\right)\right).$$

Выводы

Таким образом получены формулы профиля и объема сферической части оправок прошивного стана, пригодные для использования в компьютерных программах оценки точности гильз и решения задач, связанных с определением объема сферических участков тел вращения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горячая прокатка труб - Данилов Ф.Л., Глейберг А. З., Балакин В. Г. М. Металлургиздат, 1962 – 591 с.;
2. Технология трубного производства / В.Н. Данченко, А.П. Коликов, Б.А. Романцев, С.В. Самусев. – М.: “Интермет Инжиниринг”, 2002. – 638 с.