

# О РАСЧЕТЕ ПРУЖИНЕНИЯ ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ФОРМОВКЕ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА НА ПРЕССАХ

## CONCERNING SPRINGING CALCULATION AT THE PRELIMINARY FORMATION OF A TUBULAR BILLET OF THE LARGE DIAMETER TUBES ON PRESS.

Н.Ю. Боклаг, Ю.Б. Чечулин, Ю.В. Песин

ФГАОУ ВПО «Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г.Екатеринбург  
[n.u.p@nm.ru](mailto:n.u.p@nm.ru)

### Abstract

Mathematical simulation of springing at large diameter tubes tubular billet production by UOE method has been carried out. Relations for springing chord calculation for one radius and two radius punch are obtained. Software package for multivariantshaped billet springing calculation in a dialog mode is developed.

При анализе пружинения важным является определение хорды распружинивания  $a_1$  рис. 1, поскольку именно этот размер определяет возможность размещения заготовки в технологическом инструменте прессы окончательной формовки.

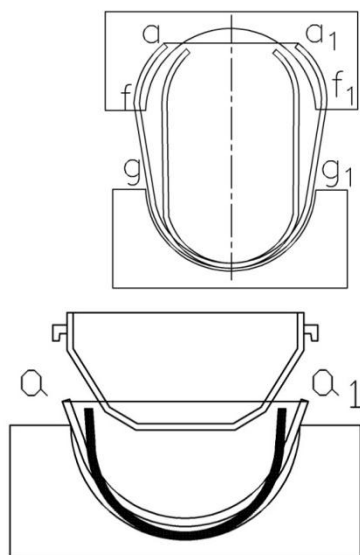


Рис.1

Угол пружинения определяется по формуле [1]:

$$\Delta\alpha = \frac{1}{E} (3\sigma_T + \Pi \frac{2s}{2r+s}) (1 + \frac{r}{s}) \alpha, \quad (1)$$

где:  $r$ —радиус пуансона;  
 $s$ —толщина стенки;  
 $\alpha$ —угол формовки.

Радиус заготовки после снятия нагрузки может быть найден по зависимости [2]:

$$r_0 = r + \frac{r + 0,5s}{\frac{\alpha}{\Delta\alpha} - 1} \quad (2)$$

Ширина листа  $B_l$  после строжки на кромкострогальном станке определяется по зависимости [3]:

$$B_l = \pi [D_t (1 - \Delta_p) - S_t] (1 + \Delta_f) + k_s S_t \quad (3)$$

для одношовной трубы и

$$B_l = 0,49\pi (D_t + 1) - 0,5\Delta_f - S_t \quad (4)$$

для двухшовной трубы,

где:  $\Delta_p$  учитывает раздачу в прессе-расширителе  
—  $\Delta_p = 0,012 \dots 0,016$ ;

$\Delta_f$  обжатие в прессе окончательной формовки  
—  $\Delta_f = 0,003 \dots 0,016$ ;

$k_s$  коэффициент, учитывающий потери металла в зоне сварки на угар, разбрызгивание и образование грат —  $k_s = 0,4 \dots 0,5$ ;

$\Delta_f$  Величина редуцирования при сварке —  
 $\Delta_f = (8 \dots 9) \text{ мм}$

После подгибки кромок заготовка будет иметь вид, показанный на рис. 2.

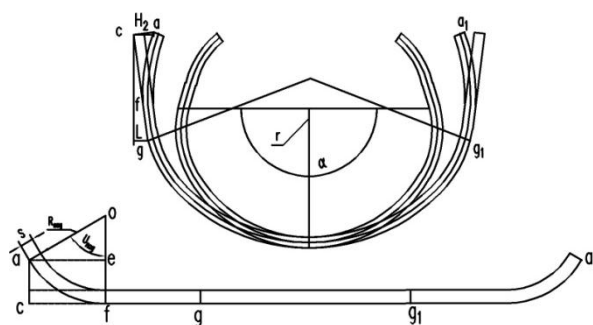


Рис.2

Обозначения участков на рис. 1 соответствует обозначениям рис. 2. Длина участка  $gg_1$  находится по формуле:

$$gg_1 = \alpha(r + 0,5S), \quad (5)$$

где  $\alpha$ —угол охвата пуансона предварительной формовки заготовкой.

Длина участка подгибки находится по формуле:

$$af_{cp} = U_{под} (R_{под} + 0,5S), \quad (6)$$

а длина участка  $cf$  будет равна:

$$cf = (R_{под} + S) \sin U_{под} \quad (7)$$

С учетом (3)(4)(5)(6) длина участка fg будет равна:

$$fg=0.5(B_1 - 2af_{cp} - gg_1) \quad (8)$$

Угол поворота сечения g после снятия нагрузки определим по формуле (1), а радиус пружинения по формуле (2). Увеличение хорды пружинения при повороте участка cg на угол  $\varphi_{пр}=0.5(\alpha - \Delta\alpha)$  будет равно:

$$L=2cg\cos\varphi_{пр} \quad (9)$$

Изменение хорды пружинения за счет подогнутых кромок определится по зависимости:

$$H_2=(R_{под}+S)(1 - \cos U_{под})\sin\varphi_{пр} \quad (10)$$

Окончательно хорда aa<sub>1</sub> (рис. 1) найдется по выражению:

$$aa_1=2((R_{ов}+S)\sin\varphi_{пр}) + L - 2H_2 \quad (11)$$

В случае двухрадиусного пуансона соответствие между участками заготовки до и после формовки показано на рис. 3.

Длины участков могут быть найдены по зависимостям:

$$gg_1 = \alpha_1(r+0.5S), \quad (12)$$

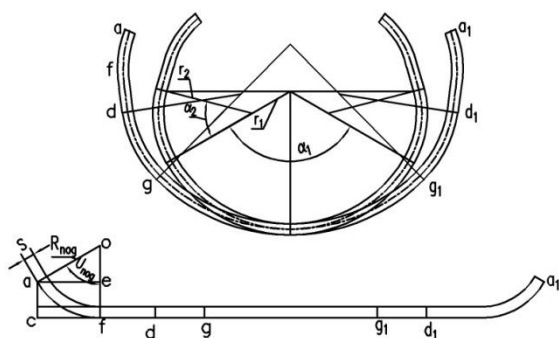


Рис.3

$$dg = \alpha_2(r+0.5S), \quad (13)$$

$$fd=0.5(B_1 - 2af_{cp} - 2dg - gg_1) \quad (14)$$

Угол поворота сечений g и d после снятия нагрузки определим по формуле (1), а радиус пружинения участков gg<sub>1</sub> и dg по формуле (2).

Увеличение хорды пружинения при повороте участка cd на угол

$\varphi_{прс}=0.5(\alpha_1 - \Delta\alpha_c) + (\alpha_2 - \Delta\alpha_k)$  будет равно:

$$L=2cd\cos\varphi_{прс}, \quad (15)$$

где:  $\varphi_{прс}$ -суммарный угол пружинения обоих участков заготовки.

Изменение хорды пружинения за счет подогнутых кромок определится по зависимости:

$$H_2=(R_{под}+S)(1 - \cos U_{под})\sin\varphi_{прс} \quad (16)$$

Окончательно хорда aa<sub>1</sub> (рис. 1) найдется по выражению:

$$aa_1=2((r_{пр1} - r_{пр2})\sin\varphi_{пр1} + (r_{пр2} + S)\sin\varphi_{прс}) + L - 2H_2 \quad (17)$$

Зависимости (1-17) положены в основу разработанного программного комплекса, позволяющего в диалоговом режиме выполнять многовариантные расчеты пружинения формуемой заготовки. Расчетное диалоговое окно приведено на рис. 4.

Рис.4

Данный комплекс позволяет резко снизить трудоемкость расчетов при выборе параметров, обеспечивая возможность окончательной формовки.

### Список литературы

1. Попов Е.А., Ковалев В.Г., Шубин И.Н. Технология и автоматизация листовой штамповки: Учебник для вузов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 480 с.: ил.
2. Мошнин Е. Н., Исследование пластического изгиба. «Элементы теории и новые процессы обработки металлов давлением», Машгиз, 1954.
3. Осадчий В.Я., Вавилин А.С., Зимовец В.Г., Коликов А.П. Технология и оборудование трубного производства; М, интернет-инжиниринг. 2007 г. 560 с.