

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГИБКИ

© 2018 Кузин А.О., Симагин П.С., Жабин А.С.

Самарский национальный исследовательский университет имени С.П. Королева

В данной работе предложена новая схема процесса двухугловой гибки в штампе с упругими планками. На основе табличного редактора MS Excel разработана информационная модель для расчета толщины упругой планки. Определены значения толщины упругой планки для гибки различных металлов.

Ключевые слова: двухугловая гибка; упругие свойства; деформация; напряжение; форма пуансона; упругие планки; упругое пружинение; толщина планки

Гибка - это формообразующая операция, при которой изменяется кривизна в одном или нескольких участках заготовки. Гибка листового металла осуществляется в результате упругопластической деформации, протекающей различно с каждой из сторон изгибаемой заготовки.

Основной проблемой при получении деталей гибкой является упругое пружинение [4]. По окончании гибки упругая деформация устраняется, вследствие чего происходит изменение размеров изделия по сравнению с размерами, заданными инструментом, называемое упругим пружинением. Величина упругого пружинения зависит от упругих свойств материала, в том числе анизотропии свойств, степени деформации, угла и способа гибки [1,6,7]. Учесть все параметры достаточно точно не всегда возможно и поэтому для ответственных деталей требуется дополнительная операция такие как калибровка,

предварительный нагрев заготовок, использование определенных условий при гибке, таких как соблюдение расстояния между кромками матрицы и пуансона.

Известна модель штампа с упругой планкой [2,3,5], которая позволяет сделать процесс двухугловой гибки более технологически и экономически выгодным. Упругая планка на протяжении всего процесса гибки плотно прижимает заготовку к пуансону (рис. 1), тем самым компенсируя угол пружинения. Однако необходимы методики расчета технологических параметров разработанного способа гибки с упругой планкой, а в частности толщины упругой планки, которая напрямую зависит от толщины заготовки. В связи с этим, в данной статье выведена формула для расчета толщины упругой планки. Так же при обработке давлением надо учитывать анизотропию.

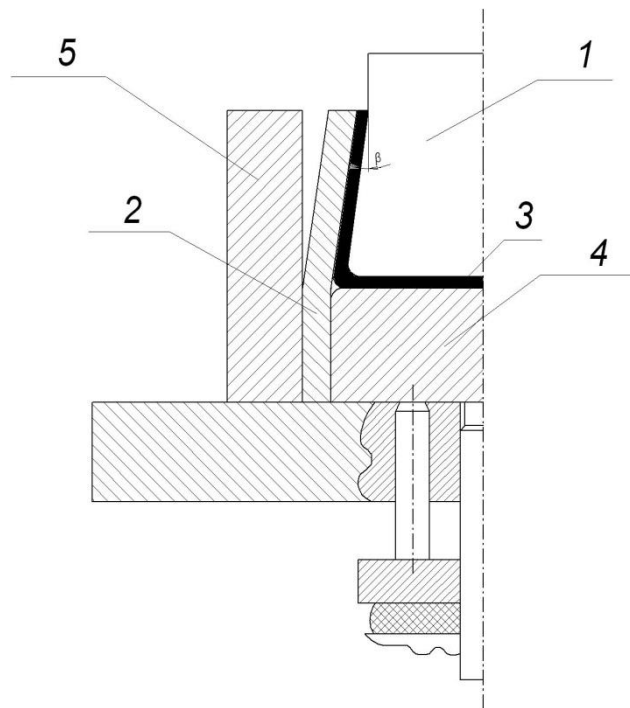


Рисунок 1 – Схема процесса двухугловой гибки с использованием упругой планки:
1 – пуансон; 2 – упругая планка; 3 – заготовка; 4 – выталкиватель с буфером;
5 – матрица; β – угол пружинения

При выводе формулы толщины упругой планки использовалась теорема разгрузки Ильюшина. Конечная кривизна срединной поверхности заготовки определяется как разность между кривизной под нагрузкой и изменением кривизны при разгрузке:

$$\frac{1}{\rho_{н2}} = \frac{1}{\rho_{н1}} - \frac{M_{и}}{E \cdot I}, \quad (1)$$

где $\rho_{н1}$ – внутренний радиус гибки, $\rho_{н2}$ – наружный радиус гибки, $M_{и}$ – момент упругих деформаций при изгибе, E – модуль упругости, I – момент инерции площади поперечного сечения прямоугольной полосы относительно нейтральной поверхности:

$$I = \frac{b_1 \cdot S_3^3}{12},$$

где S – толщина заготовки, b_1 – ширина заготовки.

Изгибающий момент для двухугловой схемы гибки равен:

$$M_{изг.заг.} = \sigma_v \cdot \frac{S_3^2}{4} \quad (2)$$

Рассматривая расчетную схему гибки (рис. 2), можно записать:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{упр} &= a + \bar{b} \cdot y, \\ \rho &= \rho_n + y, \\ d\rho &= dy. \end{aligned}$$

При $a=0$, а $y=s/2$, момент упругости будет равняться:

$$M_{упр} = E \cdot b \int_{-\frac{s}{2}}^{\frac{s}{2}} y \cdot y \cdot dy = E \cdot b \cdot \frac{S_{пл}^3}{12} \quad (3)$$

где $S_{пл}$ – толщина упругой планки, b – ширина упругой планки.

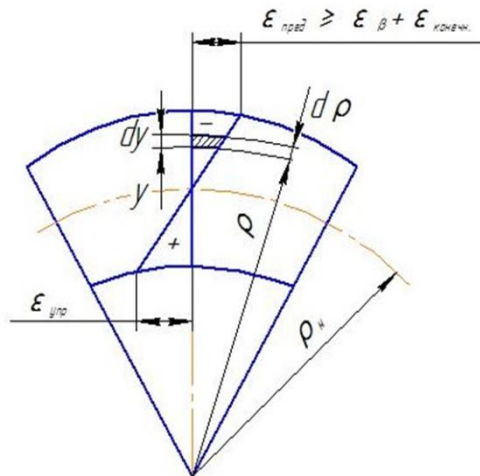


Рисунок 2 – Расчетная схема гибки для определения толщины упругой планки

Когда планка находится в прямом положении $\rho_{н2} = \infty$, следовательно исходя из формулы (1) получаем следующее:

$$\frac{1}{\rho_{н1}} = \frac{M_{и}}{E \cdot I} \quad (4)$$

Подставляя (2) в (4), получаем:

$$\rho_{н1} = \frac{E \cdot S_3}{3 \cdot \sigma_B} \quad (5)$$

Угол пружинения у планки определяется уравнением:

$$\Delta\alpha_{упр} = \Delta\alpha_3 + \Delta\alpha_{доп},$$

где $\Delta\alpha_3$ – угол пружинения заготовки, а $\Delta\alpha_{доп}$ – угол перегиба. Угол пружинения заготовки находится следующим образом:

$$\Delta\alpha_3 = \frac{\frac{\pi}{2} \cdot \frac{\rho_d \cdot M_{и}}{E \cdot I}}{1 - \frac{\rho_d \cdot M_{и}}{E \cdot I}} \quad (6)$$

При предельном значении упругой деформации уравнение (1) можно записать следующим образом:

$$\frac{1}{\rho_{н2}} = \frac{1}{\rho_{н1}} - \frac{M_{упр}}{E \cdot I}$$

Тогда, если планка находится в прямом положении ($\rho_{н2} = \infty$), то с учетом (3) получим:

$$\frac{1}{\rho'_{н1}} = \bar{b} \quad (7)$$

Исходя из распределения моментов (рисунок 3), можно записать, что:

$$M_{упр} = \frac{M_{пл}}{l_3} \cdot l_{упр}$$

$$l_{упр} = l_3 + \alpha_3 \cdot \rho_{н1}$$

Также из рисунка 3 следует:

$$h_{упр} = h_{п} + (r_{п} + S_3) \sin(\Delta\alpha_3) = r_{упр} \cdot \Delta\alpha_3$$

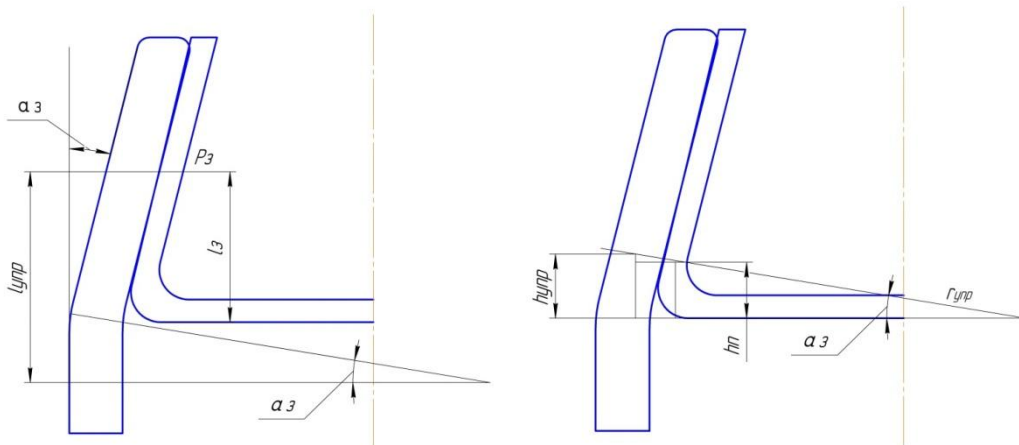


Рисунок 3 – Схема распределения моментов

Подставляя полученные зависимости в (7), получим:

$$S_{пл} = 2 \cdot \frac{\varepsilon_{упр} \cdot r_{упр}}{1 - \varepsilon_{упр}} \quad (8)$$

Определим толщину упругой планки для различных материалов. Из формулы (8) следует, что толщина упругой планки зависит от упругой деформации используемого материала и $r_{упр}$ – радиусагиба, на который необходимо согнуть материал.

Упругая деформация материала определяется по закону Гука:

$$\varepsilon_{упр} = \frac{\sigma_T}{E},$$

где σ_m – предел текучести, E – модуль упругости.

Разработанная модель расчета процесса двухугловой гибки в штампе с упругой планкой была реализована в табличном редакторе MS Excel (рис. 4) с целью определения толщины упругой планки для гибки различных материалов. Результаты расчета по данной информационной модели приведены в таблице 1.

	A	B	C	D	E	F
1	Название материала	σ_T , МПа	E , МПа	$\varepsilon_{упр}$	$r_{упр}$, мм	$S_{пл}$, мм
2	Ст3	240	20000	=B2/C2	100	=2*(D2*E2)/(1-D2)
3	08кп	300	20700	=B3/C3	100	=2*(D3*E3)/(1-D3)
4	Л65	130	13000	=B4/C4	100	=2*(D4*E4)/(1-D4)
5	Д16	250	7100	=B5/C5	100	=2*(D5*E5)/(1-D5)
6	A5	150	6900	=B6/C6	100	=2*(D6*E6)/(1-D6)
7	Ст3	240	20000	=B7/C7	150	=2*(D7*E7)/(1-D7)
8	08кп	300	20700	=B8/C8	150	=2*(D8*E8)/(1-D8)
9	Л65	130	13000	=B9/C9	150	=2*(D9*E9)/(1-D9)
10	Д16	250	7100	=B10/C10	150	=2*(D10*E10)/(1-D10)
11	A5	150	6900	=B11/C11	150	=2*(D11*E11)/(1-D11)
12	Ст3	240	20000	=B12/C12	200	=2*(D12*E12)/(1-D12)
13	08кп	300	20700	=B13/C13	200	=2*(D13*E13)/(1-D13)
14	Л65	130	13000	=B14/C14	200	=2*(D14*E14)/(1-D14)
15	Д16	250	7100	=B15/C15	200	=2*(D15*E15)/(1-D15)
16	A5	150	6900	=B16/C16	200	=2*(D16*E16)/(1-D16)

Рисунок 4 – Информационная модель расчета процесса двухугловой гибки в штампе с упругой планкой, реализованная в табличном редакторе MS Excel

Таблица 1 – Значения толщины упругой планки для различных материалов при разных радиусахгиба

Название материала	σ_m , МПа	E , МПа	$\varepsilon_{упр}$	$r_{упр}$, мм	$S_{пл}$, мм
Ст3	240	20000	0,012	100	2,4
08кп	300	20700	0,014	100	2,8
Л65	130	13000	0,01	100	2
Д16	250	7100	0,035	100	7,2
A5	150	6900	0,022	100	4,5
Ст3	240	20000	0,012	150	3,6
08кп	300	20700	0,014	150	4,3
Л65	130	13000	0,01	150	3
Д16	250	7100	0,035	150	11
A5	150	6900	0,022	150	7
Ст3	240	20000	0,012	200	4,9
08кп	300	20700	0,014	200	5,7
Л65	130	13000	0,01	200	4
Д16	250	7100	0,035	200	14,5
A5	150	6900	0,022	200	9

Таким образом, определены необходимые технологические и геометрические параметры, которые позволили подобрать оптимальные размеры толщины упругой планки. При моделировании процесса были рассчитаны напряжения и деформации, которые показыва-

ли, что упругая планка пластически не деформируется. Разработанная модель штамповой оснастки с упругой планкой показала перспективность технологического процесса и рекомендована к внедрению в производство.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Grechnikov F.V., Erisov Y.A. Virtual material model with the given crystallographic orientation of the structure // Key Engineering Materials. 2016. Vol. 684. P. 134-142.
2. Попов И.П., Нестеренко Е.С., Кузин А.О. Исследование упругих свойств штамповой оснастки при операции двухугловой гибки в штампе с упругой планкой. – М.: Машиностроение, 2013. – С.121-124.
3. Попов И.П., Нестеренко Е.С., Кузин А.О. Моделирование операции двухугловой гибки в штампе с упругим элементом. – С.: Известия СНИЦ РАН, 2016. - С. 25-30.
4. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке [Текст] / В.П.Романовский. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1979. – 6 изд. – 520 с.
5. Штамп для гибки плоских деталей с упругой планкой пат. 153887 RU: МПК B21D5/02/ Попов И.П., Нестеренко Е.С., Кузин А.О.; 2015.
6. Grechnikov F.V., Erisov Ya.A., Alexandrov S.E. Effect of anisotropic yield criterion on the springback in plane strain pure bending // CEUR Workshop Proceedings. 2016. Vol. 1638. P. 569-577.
7. Grechnikov F.V., Erisov Y.A. Virtual material model with the given crystallographic orientation of the structure // Key Engineering Materials. 2016. Vol. 684. P. 134-142.

INFORMATION MODEL FOR CALCULATING PARAMETERS PROCESS BENDING

© 2018 Kuzin A.O., Simagin P.S., Zhabin A.S.

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

In this paper, we propose a new scheme for the two-angle bending process in a die with elastic plates. Using table editor MS Excel it is developed model for calculating the thickness of an elastic plate. It is defined the thickness of the elastic bar for bending various metals.

Keywords: double-angle bending; elastic properties; deformation; voltage; the shape of the punch; elastic plates; elastic springing; thickness of the plate.