

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГИБКИ ПРОФИЛЕЙ С ПЕРЕМЕННЫМ ОЧАГОМ ДЕФОРМАЦИИ

Хардин М. В.

*Самарский государственный аэрокосмический университет
443086 Самара, Московское шоссе, 34*

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены особенности формоизменения листовых заготовок из малопластичных материалов методом стесненного изгиба. Проведен теоретический анализ процесса и на его основе определены основные технологические параметры. Показана область рационального применения данного способа изготовления профилей.

Гнутые из листа профили находят широкое применение в различных отраслях машиностроения. Известен ряд методов изготовления таких профилей: гибка в штампах и гибочных линейках, прокатка в многоклетевых станах, волочение и т. д., но все они имеют существенные недостатки - ограничение по длине получаемых полуфабрикатов, сложная наладка инструмента, наличие больших сил трения в зоне очага деформации, многопереходность процесса.

Разработаны технологическая схема и устройство для изготовления профилей из труднодеформируемых и композиционных материалов (рис. 1), обеспечивающие повышение предельных возможностей процесса гибки за счет создания благоприятной схемы напряженного состояния и позволяющая получать длинномерные изделия [1].

Устройство состоит из пуансона 1 и матрицы, выполненной в виде жесткой каретки. В ней размещены несколько пар свободно вращающихся роликов 4, оси вращения которых образуют заданный угол профиля. Каждая пара роликов имеет один совместный обжимной 5 и два независимых тормозящих участка 6, причем рабочий радиус обжимных участков постепенно уменьшается, принимая в последней паре

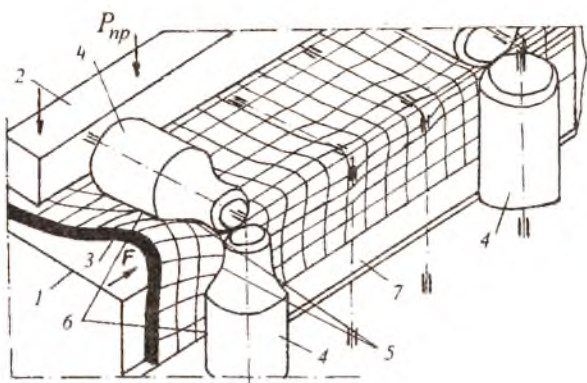


Рис. 1. Гибка обкаткой по пуансону

роликов размеры готового изделия. Предварительно согнутая на угол больше 90° листовая заготовка 3 помещается на пуансон таким образом, что в зонегиба образуется некоторая "волна избыточного металла". Заготовка фиксируется прижимом 2 и регулируемым упором 7. Переменный очаг деформации позволяет получить в конечном итоге профиль с требуемой геометрией угловой зоны.

Предварительные эксперименты, проведенные на роликах с радиусной калибровкой обжимных участков, показали, что в результате приложения нагрузки на боковые поверхности волны избыточного металла в заготовке возникают нежелательные знакопеременные напряжения, а также появляются царапины и надиры на готовом изделии. Устранение этих недостатков обеспечивает параболическая калибровка роликов, которая и была принята в качестве основной. Для математического описания образующей обжимного участка предложена формула вида.

$$y = \left(e^{-(k_1 x)^2} - C \right) m, \quad (1)$$

где k_i - коэффициент, определяющий точку перехода полки изделия в волну избыточного металла;

m - масштабный коэффициент;

C - обжатие за переход.

При больших степенях деформации наблюдалось затекание металла между роликами. Для устранения этого явления было предложено устройство для гибки профилей обкаткой по пуансону цельным роликом.

Для определения основных технологических параметров процесса был проведен анализ напряженно-деформированного состояния [2]. Наличие значительных сдвиговых деформаций не позволило применить традиционные в листовой штамповке методы решения. В связи с этим был использован приближенный аналитический способ решения - метод малого параметра.

Метод заключается в отыскании искомого решения вблизи известного путем введения некоторого возмущающего фактора (малого параметра). В качестве известного невозмущенного решения в данном случае использовали процесс гибки широкой полосы моментом с приложением дополнительного тангенциального сжатия, выводящего нейтральный слой на наружную поверхность заготовки. Наличие переменного очага деформации обусловило поэтапное решение задачи.

Полученные поля напряжений и деформаций позволили рассчитать основные технологические параметры процесса: контактное давление на наружной поверхности заготовки, усилие обкатки, минимальный радиус изгиба и угол пружинения изделия. Расчет энергосиловых параметров для подобных процессов не имеет большого теоретического и практического значения, поэтому подробно остановимся на предельных возможностях и на точности изготовления профиля.

В результате решения было определено, что минимальный радиусгиба r зависит от свойств материала и утолщения в угловой зоне:

$$\bar{r} = \frac{(1 - \psi)^{\frac{1}{K_a}}}{e^{\Delta S_M} - (1 - \psi)^{\frac{1}{K_a}}}, \quad (2)$$

где $\bar{r} = \frac{r}{S_0}$;

$K_a = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1 + \mu_2}{(1 - \mu_2)(1 - \mu_{12}\mu_{21})}}$ - коэффициент, учитывающий ани-

зотропию свойств материала;

$\mu_{12}, \mu_{21}, \mu_2$ - показатели анизотропии;

S_M - утолщение по биссектрисе угла изгиба;

S_0 - толщина заготовки;

ψ - относительное сужение при испытаниях на растяжение.

В таблице приведены расчетные значения минимальных радиусов изгиба для ряда распространенных материалов.

Таблица

Минимальные внутренние радиусы изгиба при гибке обкаткой

Материал	μ_2	μ_{12}	μ_{21}	K_a	ψ	ΔS_M	$\left(\frac{r}{S_0}\right)_{\min}$
Амг6М	0,5	0,39	0,39	0,94	0,4	0	1,39
						0,1	1,11
						0,2	0,91
						0,3	0,75
Д16АТ	0,45	0,39	0,38	0,88	0,25	0	2,5
						0,1	1,87
						0,2	1,34
МА-8М	0,62	0,66	0,58	1,13	0,28	0	3,52
						0,1	2,39
						0,2	1,76
ОТ4-1	0,8	0,8	0,78	2,44	0,45	0	3,6
						0,1	2,43
						0,2	1,78

Таким образом происходит значительное возрастание предельных возможностей процесса по сравнению с обычной гибкой. Для наиболее распространенных материалов минимальный радиус изгиба уменьшается в 1,5-2 раза.

Для определения упругой отдачи материала использовали теорему о разгрузке А.А.Ильюшина. Итоговое выражение получено в виде

$$\Delta\alpha = - \frac{24\rho_{\text{ср}}(1-\nu_{12}\nu_{21})K_A\tau_s \left\{ \frac{1}{2}(R^2C + \frac{1}{2}R^2 - \frac{1}{2}r^2) + \frac{4S}{2}\cos 2\theta \cdot C_2 \right\}}{E_1 S} \alpha, \quad (3)$$

где $\rho_{\text{ср}}$ - срединный радиус;

$C = \ln R/r$;

$C_2 = 80r - 80R - 3C + 84RC - 39RC + 13,5RC - 3RC + 0,68RC - 0,15RC + 0,016RC$;

R, r - наружный и внутренний радиусы заготовки;

ν_{12}, ν_{21} - коэффициенты Пуассона;

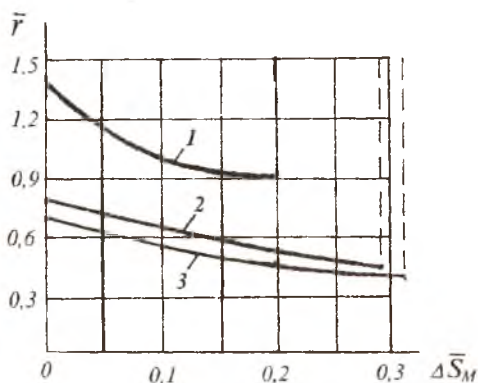
τ_s - предел текучести материала на сдвиг;

E_1 - модуль упругости.

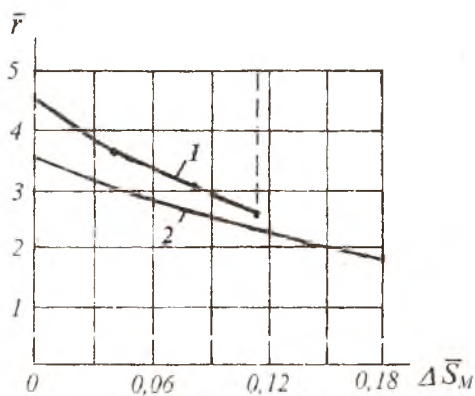
По сравнению с гибкой моментом пружинение уменьшается в 1,5-2 раза, что было подтверждено экспериментальными исследованиями.

Исследования гибки профилей при деформациях, близких к предельным позволили определить параметры профилей из различных материалов, изготовление которых гибкой обкаткой по пуансону было бы наиболее рациональным (рис. 2). Определяющими параметрами здесь являются внутренний радиус угловой зоны и утолщение по биссектрисе угла изгиба. При радиусах меньше минимального, определяемого с достаточной точностью формулой (2) и при превышении некоторого максимального для данного материала утолщения на внутренней поверхности угловой зоны могут образовываться трещины. Максимальное утолщение определяется экспериментально. В случае невозможности этого для приближенного определения утолщения может быть использована формула:

$$\Delta \bar{S}_{M \text{ доп}} = 0,45 \sqrt{1 - \mu_{12} \mu_{21}} \ln \frac{1}{1 - \psi} \quad (4)$$



a



б

Рис. 2. Предельные параметры изготавливаемых профилей:
а - алюминиевые сплавы (1 - АМг6М, 2 - АМг2М, 3 - Д16АМ);
б - титановые сплавы (1 - ВТ-20, 2 - ОТ4-1) в отожженном состоянии

Таким образом, рассматривая возможности процесса гибки обкаткой по пуансону отметим, что наиболее рационально его использование:

1. При производстве профилей повышенной жесткости из алюминиевых сплавов. Увеличение жесткости осуществляется за счет получения в угловой зоне утолщения, достигающего 25-30%.

2. При изготовлении профилей из труднодеформируемых и композиционных материалов в случае, когда традиционные способы гибки не могут обеспечить заданный внутренний радиус.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А.с. № 1780895. СССР. МКИ В21 Д5/00. Устройство для гибки профилей /Ненашев В.Ю., Арышенский Ю.М., Хардин М.В. и др. (СССР) № 4946484/27. Заявлено 17.06.91. Опубл. 15.12.92, Б.И. № 46.-4с.

2. Хардин М.В. Исследование процесса получения гнутых профилей способом обкатки по пуансону. - Дисс... канд. техн. наук. - Самара, 1997.- 170 с.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ТРУДНОДЕФОРМИРУЕМЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ГИБКОЙ С ЛОКАЛИЗАЦИЕЙ ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ

Хардин В.Б.

*Самарский государственный аэрокосмический университет
443086 Самара, Московское шоссе, 34*

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены технологические параметры изготовления длинномерных профилей стесненным изгибом с локализацией очага деформации непосредственно в зоне формообразования, характер изменения возможного утолщения материала по длине очага, определены минимальные радиусыгиба и пружинение профиля.