

Анализ схем нагружения заготовки при стесненном изгибе проглаживанием

Гречников Ф.В., Ненашев В.Ю., Лосев М.Г., Терентьев Л.А.

При изгибе широкой полосы кроме основного вида нагрузки - изгибающего момента, могут быть приложены радиальные, осевые и тангенциальные нагрузки. Они могут прилагаться раздельно или совместно. Наличие этих дополнительных нагрузок (особенно сжимающих) благоприятно сказывается на напряженно-деформированное состояние заготовки и способствует: уменьшению минимально допустимого радиуса изгиба, угла пружинения по сравнению с гибкой моментом.

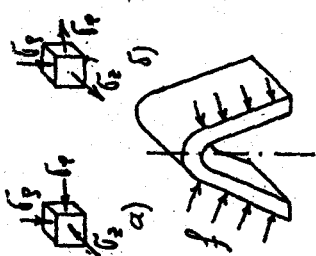
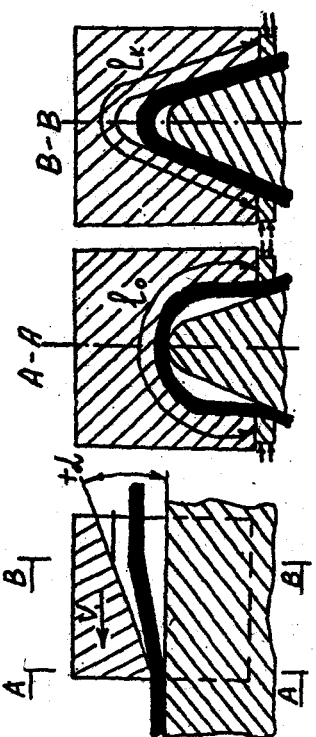
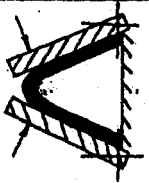
Классификатор схем нагружения заготовки при изгибе, приведенный в работе /1/, содержит четыре комбинированные схемы, которые получают при объединении дополнительных нагрузок с изгибающим моментом. Данные схемы нагружения успешно реализуются в способе стесненного изгиба проглаживанием по оправке /2/.

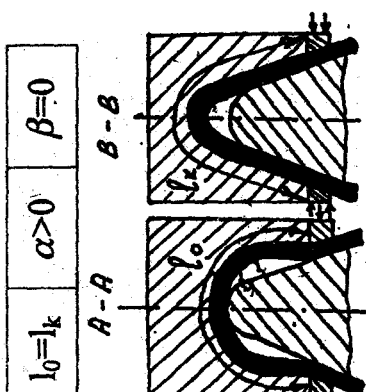
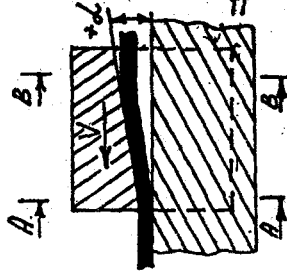
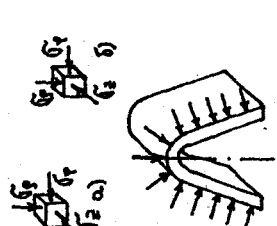
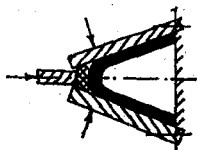
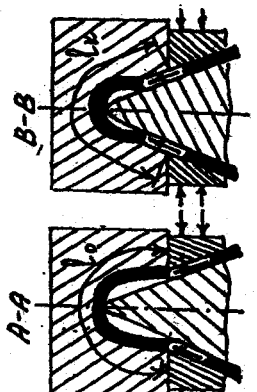
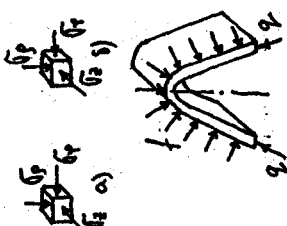
Достоинством рассматриваемого способа является возможность широкого изменения схем нагружения заготовки в очаге деформации. Это достигается часто только изменением наладки инструмента без принципиального изменения как конструкции устройства, так и конструкции рабочих элементов.

Сочетание дополнительных нагрузок позволяет рассмотреть ряд схем нагружения при процессе стесненного изгиба проглаживанием (табл.1). В таблице приведены схемы нагружения заготовки, механические схемы деформации вдоль наружного и внутреннего волокна изгибаемой заготовки, схемы наладки инструмента, а также принципиальные возможности схемы инструментальных штампов, позволяющих создать аналогичные сочетания внешних нагрузок.

По схеме 1 (табл.1) гибка происходит под действием распределенной нагрузки, действующей только по наружной поверхности полков. Такая схема возникает, если угол атаки матрицы α при ее движении вдоль пуансона положительный, а длина наружного волокна заготовки в очаге деформации меньше длины контура матрицы. При этом указанное неравенство должно соблюдаться в любой точке вдоль длины очага деформации. После завершения гибки вершина заготовки не касается внутренней полости матрицы и остается свободной от нагрузок. Напряженно - деформированное состояние материала в зонегиба аналогично схемам гибки моментом или под действием только тангенциальных напряжений. Наружное волокно остается в зоне растяжения, что приводит к угончению заготовки по биссектрисе угла.

Таблица 1- Схемы нагружения при гибке проглаживанием

Схемы нагружения	Реализация схем при гибке проглаживанием	Возможные схемы штампов
<p>1</p> 	<p>2</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">1</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $l_0 < l_k$ $\alpha > 0$ $\beta = 0$ </div> </div>  <p>а — напряженное состояние во внутреннем волокне заготовки б — тоже в наружном волокне заготовки</p>	<p>3</p> 

3	2		1
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">$l_0 = l_k$</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">$\alpha > 0$</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">$\beta = 0$</div> </div> 	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">2</div>  </div>		
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">$l_0 > l_k$</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">$\alpha = 0$</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">$\beta > 0$</div> </div> 		

1	2	3
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">4</div> <div style="text-align: center;"> <p>A-A</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>B-B</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; text-align: center;"> $l_0 > l_k$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; text-align: center;"> $\alpha < 0$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; text-align: center;"> $\beta = 0$ </div> </div>	
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">5</div> <div style="text-align: center;"> <p>A-A</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>B-B</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; text-align: center;"> $l_0 > l_k$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; text-align: center;"> $\alpha < 0$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 100px; text-align: center;"> $\beta > 0$ </div> </div>	

Схема 2. Угол атаки матрицы уменьшается до тех пор, пока длина наружного волокна заготовки не сравняется с длиной криволинейного контура матрицы. В этом случае удлинение наружного волокна исключается. В очаге деформации исчезает зона растяжения. Напряженное состояние в углугиба - всестороннее сжатие во всей толщине заготовки.

Схема 3. По мере уменьшения угла атаки матрицы до 0 длина наружного волокна заготовки становится больше длины рабочего контура матрицы. Схема напряженного состояния - всестороннее сжатие. В данной схеме дополнительно к радиальным нагрузкам добавляются тангенциальные напряжения. Это стало возможным благодаря изменению калибрующего угла матрицы от 0 (схема 2) до максимального значения. При такой конструкции матрицы очаг деформации постоянно уменьшается от входной к выходной кромкам.

Схема 4. Гибка заготовки происходит под действием радиальных сжимающих напряжений вдоль наружной поверхности и осевых сжимающих усилий. Отрицательный угол атаки матрицы создает значительную волну избыточного металла в очаге деформации. Толщина заготовки может заметно увеличиться. Схема напряженного состояния благоприятна для деформации малопластичных материалов. Осевые нагрузки в этой схеме действуют только в пределах длины очага деформации, причем распределены они равномерно.

Схема 5. Наиболее сложная схема нагружения. Гибка происходит под действием радиальных, тангенциальных и осевых нагрузок. Позволяет создать большой избыток материала в очаге деформации и сформировать сложный профиль заготовки в зонегиба с заметным утолщением.

Анализ схем нагружения при стесненном изгибе проглаживанием позволяет сделать следующий вывод.

Практически во всех случаях (кроме схемы 1) в очаге деформации отсутствует зона растяжения. По всей толщине заготовки создается зона всестороннего сжатия, что благоприятно при деформации малопластичных материалов. Конструкция устройства позволяет легко изменить схему нагружения заготовки. Для этого достаточно поменять угол атаки матрицы за счет ее взаимного положения относительно оправки. Гибка проглаживанием по оправке позволяет активно влиять на размеры очага деформации, как в продольном, так и в поперечном направлениях.

Список литературы

1. Совершенствование формоизменяющих операций листовой штамповки/ В.И.Ершов, В.И. Глазков, М.Ф. Каширин - М.: Машиностроение, 1990 г. - 311 с.

2. А.С. 1625542 СССР, МКИ в21д5/00 Штмп для гибки профилей/ Ю.М. Ненашев, Ф.В. Гречников и др. (СССР); Заявлено 30.01.89; опубл. 7.02.91, Бюл. №5.