



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Технологии формообразования и художественная  
обработка материалов»

**Методические указания**  
к выполнению практических занятий  
и курсовых работ  
по дисциплине

**«Теория обработки  
металлов давлением»**

Авторы  
Ефремова Е. А.,  
Руденко Д. Ю.

Ростов-на-Дону, 2021

## Аннотация

Методические указания к выполнению практических и курсовых работ по дисциплине «Теория обработки металлов давлением» для студентов очной и заочной форм обучения направления 15.03.01 «Машиностроение».

## Авторы

к.т.н., доцент кафедры «ТФХОМ»  
Ефремова Е.А.,  
магистр Руденко Д.Ю.



## Оглавление

<b>Определение точки раздела течения металла методом линий скольжения на примере штамповки поковки в открытом штампе .....</b>	<b>4</b>
<b>Список используемых источников .....</b>	<b>9</b>

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧКИ РАЗДЕЛА ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА МЕТОДОМ ЛИНИЙ СКОЛЬЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ШТАМПОВКИ ПОКОВКИ В ОТКРЫТОМ ШТАМПЕ

Сущность метода линий скольжения заключается в построении сеток линий скольжения в пластических областях деформируемого тела.

Линии скольжения — это естественный рисунок, который появляется на поверхности заготовки при ее растяжении. Такой реальный рисунок называется линиями Чернова-Людерса.

Эти линии - следы сдвиговых деформаций. Они совпадают с траекториями действия максимальных главных касательных напряжений. Из этого вытекают четыре их основных свойства:

- линии скольжения непрерывны;
- линии скольжения образуют два семейства, как угодно густо покрывающие очаг деформации;
- линии скольжения одного семейства ортогональны линиям скольжения другого семейства;
- линии скольжения пересекают траектории главных нормальных напряжений под углом  $\pi/4$ .

Поле линий скольжения можно построить, аналитически используя приближенные методы построения линий скольжения при помощи численного интегрирования уравнений характеристик. Такое решение возможно только для небольшого класса задач. Можно построить численно с использованием функций Бесселя. Такое решение используется для задач внедрения пуансона в пластину, волочение листа через клиновидную матрицу, выдавливание в клиновую полость.

В основном, большинство задач объемной штамповки решаются с использованием графических методов построения сетки линий скольжения.

При анализе формоизменения задача заключается в том, чтобы определить положение в рассматриваемом сечении тела точек контакта жестких зон. Эти точки являются точками раздела течения металла. В сечении такая точка может быть только одна, в которой равны все компоненты тензора напряжений, определяемые по обеим сеткам линий скольжения, расположенным по обе стороны от этой точки. В этой точке должны быть равны гидростатические давления двух построенных полей.

Методика определения точки раздела течения металла методом линий скольжения на примере штамповки поковки в открытом штампе.

Процесс штамповки поковки в открытом штампе разделяется на три периода. Первый период заключается в осадке заготовки с началом истечения металла в отверстие. Второй период характеризуется течением металла в различных направлениях, в результате чего заполняются углубления полости штампа при одновременном вытеснении части металла в заусенец. Третий период штамповки заключается в вытеснении излишка металла в заусенец.

Рассмотрим второй период штамповки заготовки, когда металл из полости штампа начинает вытекать в два горизонтальных щелевых отверстия из полости в облойную канавку образуя заусенец с одновременным истечением металла в два расположенных симметрично в осевом направлении щелевых отверстия (см. рис. 1). Следовательно, эта стадия имеет две степени свободы течения, за счет чего образуются две зоны пластической деформации соприкасающихся друг с другом в точке раздела течения.

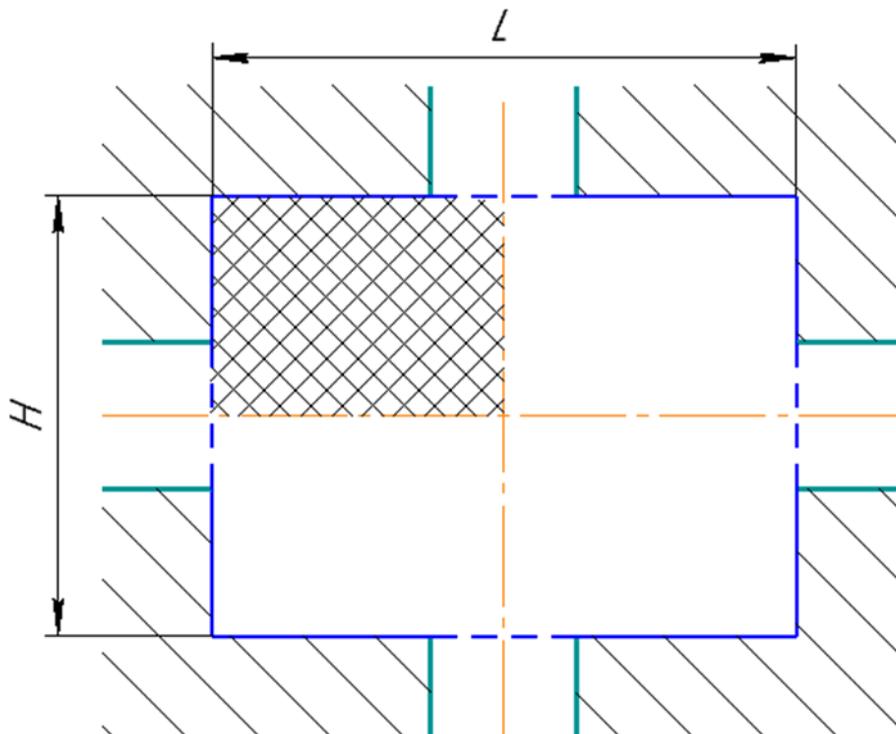


Рисунок 1 - Схема объемной штамповки поковки в открытом штампе с использованием холодного выдавливания.

Согласна приведённого рисунка 1 процесс является симметричным, поэтому для определения точки раздела течения достаточно рассмотреть 1/4 часть сечения заготовки в которой делаем построение поля линий скольжения.

Принимаем, что в направлении, перпендикулярном рассматриваемому сечению, деформация отсутствует и сопротивление внешнего трения на боковых поверхностях целевых отверстий равно нулю.

Определим точку контакта жёстких зон, которая является точкой раздела течения (при  $l_3=l$ ).

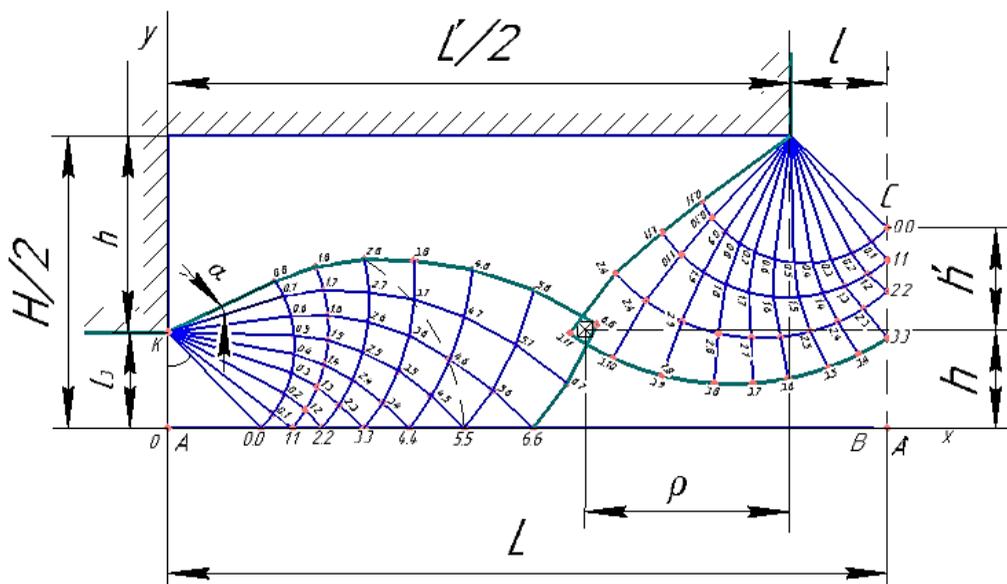


Рисунок 2 – Определение точки раздела течения и изобар по построенным полям линий скольжения при объемной штамповке в открытом штампе

1. Построение поля линий скольжения начинается из двух точек К и М, так как они находятся на границах свободных поверхностей, следовательно, известны граничные условия (см рис.2).

2. Для определения точки раздела течения В, строим отдельно два поля линий скольжения, МСWВМ и КАНВК.

3. На каждой сетке наносим ломаные пунктирные линии, вдоль которых гидростатическое давление постоянно (например: 5.8-4.9;5.5-4.6-3.7-2.8-1.9) – изобары. Каждая изобара образована диагоналями четырехугольных ячеек построенной сетки и проходит через узловые точки, у которых сумма двух индексов одинакова.

4. Для двух сеток линий скольжения равенство гидростатических давлений соблюдается только в одной точке, общей для двух сеток линий скольжения, в которой эти поля накладываются друг на друга.

5. Если при построении координаты двух узловых точек  $a_1$  и  $a_2$  не совпадают в точке В (см. рис. 3), то точка раздела определяется по формуле:

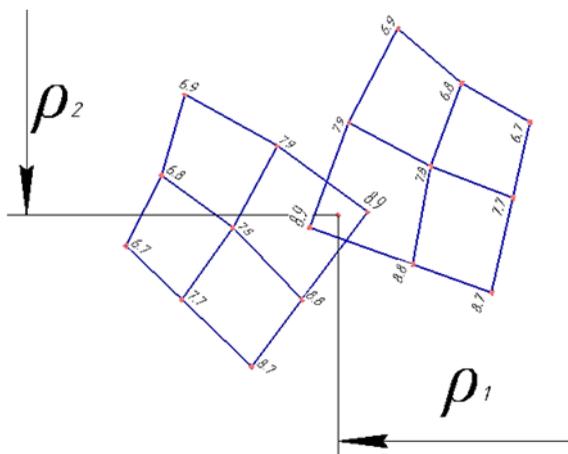


Рисунок 3 – Схема к определению точки раздела течения

6. Возможно допущение погрешности (по построению), когда в точке В сумма индексов, отсчитываемых по каждой из двух сеток, отличается на одну единицу. Например, для изобары SQ проходящей через точку В сумма индексов равна  $3+10=13$ , а для изобары АЗ эта сумма –  $5+9=14$ .

7. Погрешности, вносимые построением, уменьшаются с уменьшением угла  $\Delta\alpha$  и увеличением отношения  $l/l_3$ .

Следствие:

$$\rho = \frac{\rho_1 \cdot \bar{l} + \rho_2}{1 + \bar{l}},$$

- Каждая точка раздела течения (при плоской дефор-

$$\text{где } l = \frac{l}{l_3}.$$

мации), представляет след прямой линии, перпендикулярной к рассматриваемому сечению тела.

- При осесимметричной деформации проекция поверхности раздела течения на плоскость перпендикулярную приложению внешней силы, имеет форму окружности радиуса  $\rho$ .

- Передвигая одну из сеток линий скольжения по отношению к другой, можно определить расстояние  $\rho$ , соответствующее различным отношениям  $L/l$  или  $h_{\pi}/h_3$ .

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шофман Л.А. Основы расчета процесса штамповки и пресования и пресования. М.: Машгиз, 1961. - 340 с.
2. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов. Изд. 4 – е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. – 423 с. с ил.
3. Евстратов В.А. Теория обработки металлов давлением. Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. Ун-те. 1981. – 248 с.
4. Резников Ю.Н., Ефремова Е.А., Вовченко А.В. Инженерная механика твердого тела: Учеб. пособие. Ростов-на – Дону: Издательский центр ДГТУ.1998.167с.