

## Работа №3

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ ЗАКРЫТОЙ ПРОШИВКИ

Цель работы — изучить силовой режим деформирования в зависимости от изменения диаметра рабочей части пуансона, установить размеры и форму очага пластической деформации.

#### ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАКРЫТОЙ ПРОШИВКЕ

При закрытой прошивке исходная заготовка помещается в специальную матрицу (контейнер), которая ограничивает радиальное течение металла и определяет наружный диаметр заготовки после прошивки.

Диаметр исходной заготовки приблизительно равен диаметру матрицы. В процессе деформирования металл течет навстречу движению пуансона в зазор между пуансоном и матрицей, и высота заготовки  $H$  увеличивается (рис. 5), причем увеличение высоты будет тем больше, чем меньше отношение  $D/d$ . Высоту заготовки после прошивки можно определить по условию постоянства объема.

Закрытая прошивка широко применяется в технологии горячей штамповки при изготовлении различных корпусов, стаканов, толстостенных оболочек.

Так как металл при закрытой прошивке течет в зазор между пуансоном и матрицей, то степень деформации можно найти по формуле

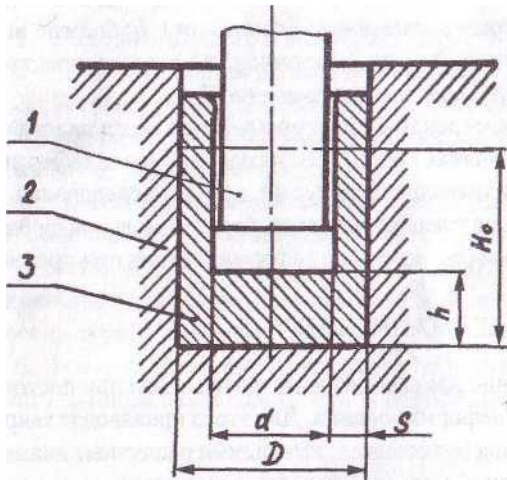
$$\delta = \ln(F/(F - f))$$

Где  $F = \pi D^2/4$ ;  $f = \pi d^2/4$

удельное усилие деформирования  $q$  определяется [9] как

$$q = \left[ 2 + \left( 1 + \frac{F}{f} \right) \ln \frac{F/f}{F/f - 1} + \frac{d}{6h} \right]$$

В формуле(2) последнее слагаемое увеличивается с уменьшением  $h$ . и формула показывает непрерывное увеличение усилия прошивки по мере по мере движения пуансона, что не соответствует действительности. Усилие



1 — пуансон; 2 — матрица; 3 — заготовка

начинает возрастать лишь при весьма малых значениях  $h$ . Это говорит о том, что очаг пластической деформации под горцем пуансона ограничен и не распространяется на значительную глубину. Пользуясь эмпирическими данными, примем среднее значение

Рис. 5. Схема процесса закрытой прошивки: значение высоты очага  $h = d/6$  и, подставив

$$q = \sigma_s \left[ 3 + \left( 1 + \frac{F}{f} \right) \ln \frac{F/f}{F/f - 1} \right]$$

его в формулу (2), получим  
Этой формулой можно пользоваться как расчетной почти на всем процессе деформирования, когда  $d/h \leq 6$ . В конечный этап прошивки, когда  $d/h > 6$ , следует применять формулу (2).

Удельное усилие прошивки можно также определить другой формуле [6].

$$q = 2\sigma_s \left[ 1 + \frac{h}{4s} + \frac{d}{12h} \right]$$

Из этой формулы можно получить выражение для определения размера очага деформации. Если принять, что действительным размерам очага деформации должно соответствовать минимальное удельное усилие деформирования (как и минимум работы деформации), то приравняв  $dq/dh = 0$  и проведя несложные преобразования, получим высоту очага пластической деформации при закрытой прошивке [6]:

$$h_{оч} = \sqrt{\frac{ds}{3}} \quad (5)$$

Формула (4) может быть использована для любой стадии процесса закрытой прошивки с учетом следующих замечаний. Если высота  $h$  больше высоты очага пластической деформации  $h_{оч}$ , то в формулу (4) следует подставлять  $h = h_{оч}$ ; если  $h < h_{оч}$ , то следует подставлять значение  $h$ .

На величину усилия деформирования, размеры и форму очага пластической деформации будет оказывать конфигурация рабочей части деформирующего пуансона (плоский торец, полусфера, конус и т.д.). Ряд исследований, в том числе [8], показали, что большое значение имеет выбор оптимальной формы пуансона, обеспечивающей минимальное усилие деформирования при прошивке.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В работе исследуют влияние изменения диаметра пуансона при постоянном диаметре заготовок на усилие деформирования. Для этого производят закрытую прошивку одинаковых заготовок пуансонами, имеющими различный диаметры.

В процессе прошивки записывают индикаторную диаграмму в координатах «усилие — путь».

Зная полное усилие деформирования, можно найти удельное усилие по формуле  $q_{\phi} = P_{\text{def}} / \pi d^2 / 4$ ; его сравнивают с расчетным, определенным по формулам (2) и (3) или (4) для пуансонов с плоским торцем.

Изучение деформированного состояния проводят на составных образцах с предварительно нанесенной координатной сеткой. Определяют размеры и форму очага пластической деформации при прошивке заготовок.

Для этого останавливают процесс прошивки в промежуточной стадии деформирования, извлекают заготовку из матрицы и по искажению координатной сетки определяют границы и размер очага пластической деформации.

Высоту очага пластической деформации для заготовки, прошитой пуансоном с плоским торцем, сравнивают с расчетным значением, найденным по формуле (5).

## ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, ОБРАЗЦЫ.

Оборудование — универсальная испытательная машина УИМ-50 с максимальным усилием 50 тс.

Инструмент — специальное приспособление для закрытой прошивки заго-

товок с плунжерным направлением. Сменные пуансоны с плоским торцем — 3 шт. диаметром 10, 20 и 25 мм.

Измерительный инструмент — штангенциркуль, масштабная линейка, 4-кратная лупа, штангенрейсмус.

Образцы — заготовки из свинца диаметром 40 и высотой 40 мм. Целые — 3 шт., составные — 1 шт., на меридиональной плоскости которого нанесена координатная сетка размером 3х3 мм.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Измерить диаметр и высоту исходных заготовок.
2. Поместить целую заготовку в матрицу приспособления для прошивки.
3. Установить приспособление с заготовкой на стол УИМ-50 и произвести прошивку заготовки пуансоном с плоским торцем диаметром 10, 20 и 25 мм, записав при этом диаграммы нагружения.
4. Нанести на меридиональную плоскости составной заготовки координатную сетку размером 3х3 мм посредством штангенрейсмуса.
5. Установить составную заготовку в матрицу и произвести прошивку приблизительно до половины высоты исходной заготовки ( $h \sim 20$  мм) пуансоном с плоским торцем диаметром 20 мм.
6. Извлечь заготовку из матрицы, по искажению координатной сетки установить границы очага пластической деформации и определить его высоту.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете необходимо указать название и цель работы, дать схему процесса закрытой прошивки, расчетные формулы, последовательность проведения работы.

Результаты эксперимента и расчета записываются в табл. 3.

Таблица 3

№ обр.	$D_0 \approx D$	$H_0$	$d$	$D/d$	$\delta$	$h$	$d/h$	$H_0-h$	$h_{0\phi}$	$h_{0p}$	$P_\phi$	$q_\phi$	$q_p$	$q_p/q_\phi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

По данным табл. 3 строят графики, характеризующие процесс закрытой прошивки:

$$P_\phi = f(H_0 - h); \quad q_\phi = f(H_0 - h); \quad P_\phi, q_\phi, q_p = f(D/d).$$

Приводятся эскиз составной заготовки, прошитой пуансоном с плоской рабочей частью. На эскизе указывается форма и размеры очага пластической деформации.

Отчет заканчивается выводами по работе, в которых отражается влияние исследуемых факторов на процесс деформирования, дается их количественная оценка.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему при закрытой прошивке с увеличением диаметра пуансона возрастают полные и удельные усилия деформирования, в то время как при открытой прошивке возрастают только полные усилия деформирования, а удельные уменьшаются?
2. Будет ли оказывать влияние высота исходной заготовки на усилие деформирования?
3. Какое значение имеют силы трения по пуансону и матрице и как они влияют на процесс прошивки?
4. Почему в конечный момент прошивки, при весьма малом значении высоты доньшка под пуансоном, усилие деформирования резко возрастает?