

Работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ШТАМПОВКЕ В ОТКРЫТЫХ ШТАМПАХ

Цель работы — экспериментальное определение формы и размеров очага интенсивной пластической деформации при штамповке в открытых штампах на этапе доштамповки и исследование влияния размеров заусенечной канавки на максимальное усилие при штамповке.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ШТАМПОВКИ В ОТКРЫТЫХ ШТАМПАХ

Штамповка в открытых штампах является основной разновидностью горячей штамповки на всех типах кузнечно- прессовых машин (паровоздушные штамповочные молоты, кривошипные горячештамповочные прессы, горизонтальноковочные машины и т.д.). Она характеризуется наличием переменного по величине зазора между штампами (верхним и нижним, подвижным и неподвижным и т.д.) в течении всего процесса деформирования. Весь процесс штамповки можно разделить на четыре этапа [6].

На этапе I (рис. 1) происходит свободная осадка заготовки на величину ΔH_1 . Этап свободной осадки начинается с момента соприкосновения подвижного инструмента с торцом заготовки и заканчивается, когда заготовка соприкоснется с боковыми стенками полости штампа. В некоторых случаях первый этап штамповки может сопровождаться выдавливанием металла в углубления на торцевой поверхности штампа или прошивкой заготовки. Усилие деформирования на первом этапе штамповки невелико и может быть определено по известным формулам для осадки [10]. На заготовку действуют внешняя сила P и силы трения T по торцам заготовки. Второй этап штамповки начинается с момента соприкосновения заготовки с боковыми стенками штампа. При этом возникает сила Q , с которой штамп воздействует на боковую поверхность заготовки, и сила трения на боковой поверхности T_b . Второй этап штамповки можно назвать этапом стесненной

осадки. Усилие деформирования на этом этапе штамповки возрастает, так как увеличивается среднее напряжение шарового тензора из-за подпирającego действия силы Q . Определить его можно по зависимостям, предложенным для закрытой осадки А.З. Журавлевым [2]. Второй этап кончается в тот момент, когда металл из полости штампа начинает вытекать на мостик заусенечной канавки.

Третий этап носит название собственно штамповки. В начале этого этапа металл начинает вытекать на мостик заусенечной канавки. При этом на деформирование образующегося заусенца необходимо затрачивать усилие P_3 , кроме этого на мостике заусенечной канавки появляется сила трения T_3 , которая препятствует вытеканию металла из полости штампа в заусенец. На-

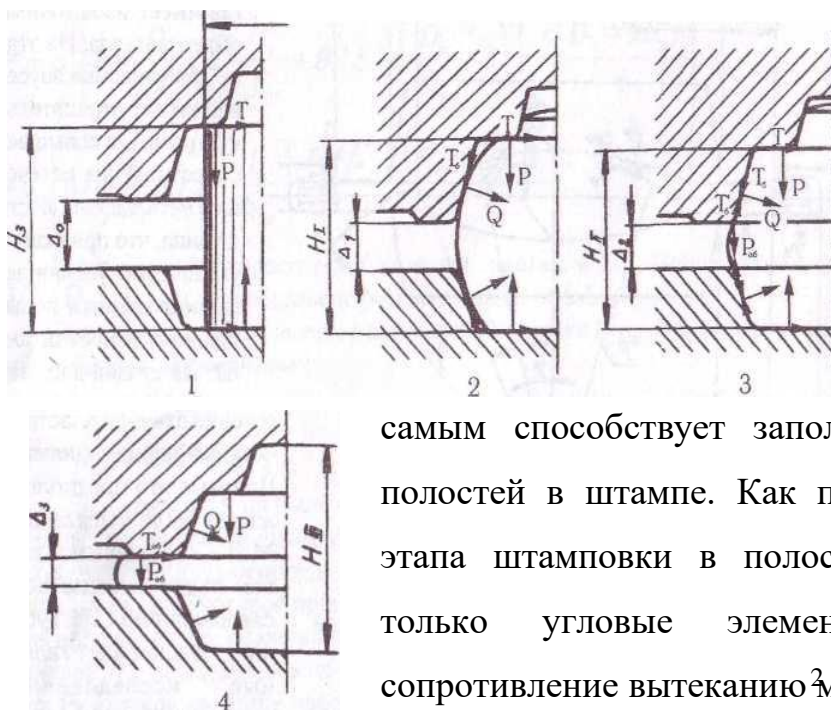


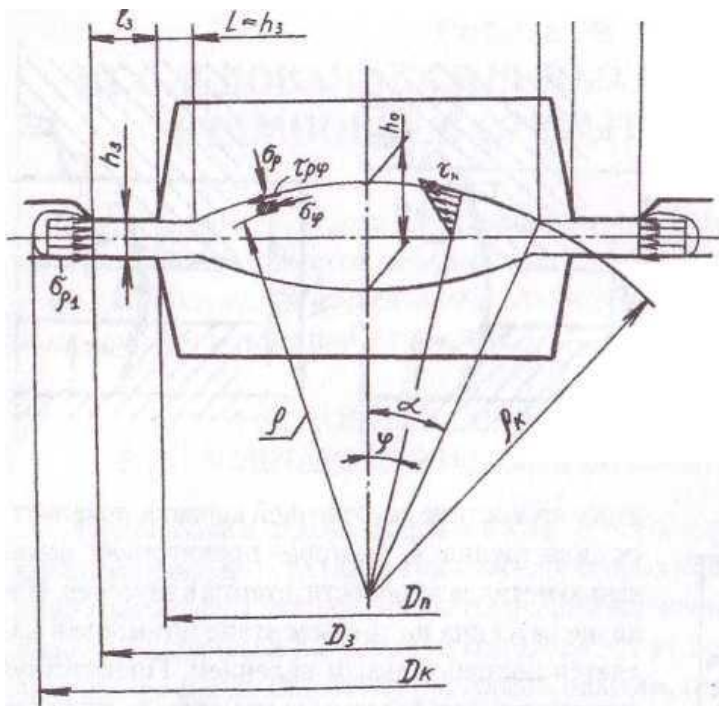
Рис. 1. Этапы штамповки в открытых штампах:

личие заусенца на третьем этапе штамповки является положительным явлением. Препятствуя вытеканию металла из полости штампа, заусенец тем самым способствует заполнению труднозаполнимых полостей в штампе. Как правило, к началу третьего этапа штамповки в полости штампа не заполнены только угловые элементы. Все возрастающее сопротивление вытеканию металла со стороны заусенца приводит к тому, что к концу третьего этапа полости штампа полностью заполнены металлом.

С этого момента начинается четвертый этап штамповки — доштамповка. На этапе доштамповки излишки металла из полости штампа вытесняются в заусенец. При этом перемещение металла вдоль стенок штампа отсутствует и на заготовку действуют усилия P, Q, P_3, T_3 . Так как при доштамповки происходит значительное уменьшение высоты заусенца и, как правило, уменьшение температуры металла, вытесненного в заусенец, усилие

деформирования заусенца и напряжения на входе в полость штампа резко возрастают и достигают максимального значения к моменту окончания штамповки. Таким образом, выбор кузнечно-штамповочного оборудования следует производить по максимальному усилию доштамповки.

Теоретически этап доштамповки можно исключить из процесса штамповки. Реально он является необходимым. Это связано с тем, что в процессе штамповки происходит износ полости штампа и объем его возрастает (до 6%). Поэтому объем расчетной заготовки должен быть таким, чтобы обеспечить заполнение полости штампа вне зависимости от его износа, т. е. заготовка практически всегда имеет избыточный объем металла. На этапе



доштамповки заусенец играет отрицательную роль. Он повышает сопротивление истечению металла из полости штампа, что приводит к увеличению усилия деформирования и повышенному износу штампа. На стадии доштамповки не весь объем заготовки охвачен пластическими деформациями. Впервые это предположение было высказано

Рис. 2. Схематизация очага интенсивной пластической деформации при открытой штамповке.

М.В. Сторожевым и затем подтверждено исследованиями

Губкина. Экспериментальные исследования Е.И. Семенова, О.А. Гоного, К.К. Мартенса и других позволили определить размеры очага интенсивной пластической деформации на стадии доштамповки в условиях плоской деформации и при штамповке осесимметричных изделий.

Под очагом интенсивной пластической деформации следует понимать

не весь объем, в котором происходят на этапе доштамповки пластические деформации, а часть этого объема, на границах которой действуют максимальные касательные напряжения $\tau=0.5\sigma_s$. Границы очага интенсивной пластической деформации можно определить по точкам перегиба вертикальных линий ортогональной координатной сетки. К.К. Мартенс показал, что границы очага интенсивной пластической деформации можно определить по точкам перегиба кривых интенсивности деформаций и распределения деформаций по высоте.

Для осесимметричной поковки очаг интенсивной пластической деформации будет иметь вид сферической линзы с цилиндрической периферийной частью (рис. 2). Заменяя подпор со стороны металла, находящегося в магазине заусенечной канавки, радиальными напряжениями $\sigma_\rho = \beta \cdot \sigma_s \cdot \ln \left(\frac{D_k}{D_3} \right)$, распределение напряжений по границе очага интенсивной пластической деформации можно определить, используя решение М.В. Сторожева[9]. При этом следует учесть, что при $D_n/h_{зк} > 20$ $h_0/h_{зк} \approx 3,5$. Тогда усилие штамповки P может быть определено как

$$P = \sigma_s \left[\beta \ln \frac{D_k}{D_s} + 2 + \frac{l_3}{h_{зк}} + 0,185 \cdot \left(\frac{D_n}{h_{зк}} - 2 \right) \right] \cdot \frac{\pi(D_n - 2h_{зк})^2}{4} + \sigma_s \left[\beta \ln \frac{D_k}{D_3} + 1,5 + \frac{l_3}{h_{зк}} \right] \cdot \frac{\pi[D_3^2 - (D_n - 2h_{зк})^2]}{4}$$

Формулу можно упростить, если по рекомендации Е.А. Попова заменить $\beta \ln \frac{D_k}{D_s}$ на его предельное реальное значение $0,5$.

При определении параметров заусенечной канавки ($h_{зк}$ и l_3) пользуются следующими соображениями:

$$h_{зк} = 0,015D_n$$

$$h_{зк} = 0,015\sqrt{F_n}$$

Эти соотношения были получены М.В. Афанасьевым на основании анализа данных по стойкости штампов на ряде отечественных заводов. Ширина мостика заусенечной канавки определяется в зависимости от $h_{зк}$ и типа основной операции, с помощью которой происходит заполнение

полости штампа металлом (осадка, выдавливание, осаживание с элементами выдавливания). Таким образом, величина K определяется по этапу доштамповки, а l_3 из условия заполнения полости штампа на этапе собственно штамповки. Размеры заусенечных канавок нормализованы. Расчетным путем определяют h_{3K} и округляют его до ближайшего большего значения по нормали, по которой в зависимости от условий заполнения полости штампа определяют размеры l_3 .

С учетом вышесказанного анализ формулы (1) показывает, что основными факторами, влияющими на силовые параметры штамповки, являются отношения l_3 / h_{3K} ; D_n / h_{3K} , напряжение текучести данного материала σ_S и размер поковки D_n

Доштамповку свинцовых образцов производят в штампе для простейшей осесимметричной поковки. Заготовки под доштамповку получены в этом же штампе и имеют разную исходную толщину заусенца. Усилие деформирования при доштамповке регистрируется на универсально-испытательной машине (снимается индикаторная диаграмма $P = f(\Delta h)$).

Свинец при комнатной температуре деформируется в условиях горячей деформации (упрочнение отсутствует) и достаточно точно имитирует процесс деформации углеродистой стали при температуре $\approx 1100^\circ\text{C}$

Образцы для экспериментов подбирают так, чтобы при выполнении работы можно было получить три различных значения h_{3K}/l_3 при $D_n/h_{3K} = const$ и три различных значения D_n/h_{3K} при $h_{3K}/l_3 \approx const$.

Величину фактического усилия сопоставляют с расчетным по формуле (1).

Определение формы и размеров очага интенсивной деформации производят с помощью метода координатной сетки. Для этого на одну половину составного образца (плоскость разреза проходит через ось заготовки) наносят штангенрейсмусом ортогональную координатную сетку с квадратными ячейками. Деформирование (доштамповка) ведется так, чтобы D_n / h_{3K} было не менее 20. После деформирования разделяют заготовку по

плоскости разъема и определяют по точкам перегиба вертикальных линий сетки границу очага интенсивной пластической деформации, фиксируют его форму и размеры. Полученные данные сопоставляют с литературными (см. выше).

ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, ОБРАЗЦЫ

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

Инструмент — три штампа с различными длинами мостика заусенечной канавки.

Измерительный инструмент — масштабная линейка, штангенрейсмус, штангенциркуль, индикатор часового типа со стойкой, радиусомер, разметочная плита, струбцина.

Образцы — отштампованные сплошные заготовки с различной высотой заусенца — 3 шт., составная отштампованная заготовка — 1 шт. Другие материалы — ацетон, ветошь, вата.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. На одной половине составного образца по плоскости разъема нанести штангенрейсмусом ортогональную квадратную сетку с шагом 2,5—3 мм.
2. Замерить на всех заготовках диаметры и исходную высоту заусенца h_{30}
3. Для составного образца определить $h_{3к}$, при котором $D_n / h_{3к}$ будет не менее 20.
4. Продеформировать составную заготовку в штампе на УИМ-50 до заданной высоты $h_{3к}$.
5. По точкам перегиба вертикальных линий координатной сетки найти форму и размеры очага интенсивной пластической деформации. Определить абсолютные размеры очага интенсивной пластической деформации и отношения $h_0 / h_{3к}$
6. Произвести деформацию оставшихся трех образцов со снятием индикаторных диаграмм $P = f(\Delta h)$ до одного и того же значения $h_{3к}$. Конечное

значение h_{3K} промерить микрометром или штангенциркулем. Найти на индикаторных диаграммах усилия P_3 , соответствующие моменту доштамповки, когда отношение $l_3 / h_{3K} = l_3 / h_{3Kmin}$. Перед деформированием, заготовки и полости штампа обезжирить ацетоном.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете приводятся название и цель работы, сведения об используемом оборудовании и инструменте, формулы для определения усилия деформирования при открытой штамповке и высоты мостика заусенечной канавки.

Описываются штампован оснастка и приводятся ее эскизы, дается описание проведения экспериментов, прилагаются индикаторные диаграммы или их копии.

Результаты экспериментального исследования и расчетные данные заносят в табл. 1.

Таблица 1

№ обр.	D_n	l_3	h_3	h_{30}	h_{3K}	l_3 / h_{3K}	D_n / h_3	P_{max}	P_3	$P_{рас max}$	$P_{рас 3}$	D_k

7

Производят сопоставление формы и размеров очага интенсивной пластической деформации с теоретическими (см. рис. 2).

По результатам эксперимента и расчетов строят кривые

$$P_{max} = f\left(\frac{l_{3K}}{h_{3K}}\right) \text{ при } \frac{D_n}{h_{3K}} = const$$

$$P_3 = f\left(\frac{l_{3K}}{h_{3K}}\right) \text{ при } \frac{l_3}{h_{3K}} = \frac{l_3}{h_{3Kmin}} = const$$

Приводится эскиз составной заготовки с исходной и деформированной сеткой.

Отчет заканчивается выводами по проделанной работе

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое очаг интенсивной пластической деформации?
2. Каковы функции заусенечной канавки при штамповке в открытых штампах?
3. Какие этапы открытой штамповки Вы знаете? .
4. Как следует изменить длину мостика заусенечной канавки, если форма полости в штампе усложнится, а форма поковки в плане останется неизменной?
5. Как изменится усилие штамповки при уменьшении конечной высоты заусенца?