



Рис. 1. Принципиальная схема высокоскоростного молота:
 1 — цилиндр; 2 — поршень; 3 — шток;
 4 — баба; 5 — рама молота; 6 — амортизаторы

$$\frac{\rho a}{\sigma_d} x = \ln S - \ln S_0 = \ln \frac{S}{S_0}, \quad (2)$$

где x — координата сечения штока;
 S_0 — площадь исходного, верхнего сечения штока: $S_0 = P/\sigma_d$, P — рабочее усилие, действующее со стороны поршня.

Решение уравнения (2) относительно S дает возможность определить закон изменения площади поперечного сечения штока по длине L в виде экспонентной зависимости

$$S = S_0 \exp(\rho a x / \sigma_d). \quad (3)$$

На основании выражения (3) возможно проектирование штоков, равнопрочных по длине, а также снижение массы и инерционных напряжений, что обеспечивает увеличение их стойкости.

Предложенная методика динамического расчета штоков позволяет рассчитать и спроектировать не только штоки с наружной криволинейной поверхностью (рис. 1), но и цилиндрические пустотелые штоки с внутренней полостью переменного сечения.

Применение подобных штоков обеспечивает увеличение сроков службы высокоскоростных молотов, их производительности и повышение безопасности работы при высокоскоростной штамповке.

УДК 621.983:621.787

И.Г.ДОБРОВОЛЬСКИЙ, канд.техн.наук (БПИ),
 В.С.ШЛЯХОВОЙ, канд.техн.наук
 (НИИтеплоприбор, Смоленск)

ДВУХОПЕРАЦИОННОЕ ФОРМОВАНИЕ СИЛЬФОНОВ

Существует необходимость создания измерительных элементов новых типов, в частности сильфонов повышенной чувствительности. В настоящее время сильфоны из трубчатых заготовок изготавливают путем гидроформования в разъемных секционных матрицах [1]. При этом получить сильфоны с малыми толщинами и высокими коэффициентами гофрирования за одну деформаци-

онную операцию часто невозможно из-за превышения интенсивностью деформаций предельного значения исходной пластичности материала заготовки. Возникает необходимость в двухоперационном формировании сильфонов с промежуточной термической обработкой.

Наиболее целесообразным будет формирование сильфона с одинаковой интенсивностью деформирования на каждой операции, что позволит более полно и рационально использовать запас пластичности материала заготовки.

Поскольку весь процесс формообразования сильфона происходит при постоянно изменяющемся соотношении главных напряжений, т. е. при разной жесткости напряженного состояния, то под равной интенсивностью деформирования будем понимать равенство приведенных интенсивностей формоизменения, учитывающих жесткость напряженных состояний на каждой из операций.

При формировании сильфонов наибольшему деформированию подвержен участок, где формируется вершина гофра сильфона. Примем следующие допущения: напряженное состояние является плоским и безмоментным [1], а деформация однородной, что позволяет представить суммарную интенсивность формоизменения как сумму малых простых однородных формоизменений:

$$\epsilon_i = \sum_{j=1}^n e_j, \quad (1)$$

где ϵ_i — суммарная интенсивность формоизменения накопленной пластической деформации (параметр Удквиста); e_j — интенсивность приращений деформаций на j -м этапе деформирования; n — количество элементарных этапов деформирования.

Интенсивность приращений деформации на j -м этапе определяется из известного выражения

$$e_j = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(e_{1j} - e_{2j})^2 + (e_{2j} - e_{3j})^2 + (e_{3j} - e_{1j})^2}, \quad (2)$$

где e_{1j} , e_{2j} , e_{3j} — приращения главных компонентов деформации на j -м этапе деформирования.

В нашем случае

$$e_{1j} = e_{\theta j} = \ln \frac{d_j}{d_{j-1}}; \quad e_{2j} = e_{l j} = \ln \frac{l_j}{l_{j-1}}; \quad e_{3j} = e_{s j} = \ln \frac{s_j}{s_{j-1}}, \quad (3)$$

где d_{j-1} , l_{j-1} , s_{j-1} и d_j , l_j , s_j — диаметр, длина образующей и толщина стенки соответственно в начале и конце рассматриваемого этапа деформирования.

Влияние жесткости напряженного состояния каждого этапа деформирования может быть учтено коэффициентом жесткости напряженного состояния [2]

$$\Pi = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_i} \quad (4)$$

и эмпирической зависимостью [2]

$$\epsilon_n = (1,6 - 0,6\Pi) \epsilon_0, \quad (5)$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ — главные нормальные напряжения; σ_j — интенсивность напряжений; ϵ_H, ϵ_0 — предельные деформации при рассматриваемом напряженном состоянии и при одноосном соответственно.

Отношения компонентов напряжения на каждом этапе деформирования, которые в свою очередь определяют коэффициент жесткости напряженного состояния, можно определить через поэтапные приращения компонентов деформации, если воспользоваться законом пропорциональности разностей главных напряжений разностям главных деформаций

$$\frac{\sigma_{\theta j} - \sigma_{sj}}{e_{\theta j} - e_{sj}} = \frac{\sigma_{lj} - \sigma_{sj}}{e_{lj} - e_{sj}}, \quad (6)$$

а также принятым допущением $\sigma_{sj} = 0$.

Соотношение главных компонентов напряжения, действующего на каждом этапе деформирования при изготовлении силфона:

$$m_j = \frac{\sigma_{lj}}{\sigma_{\theta j}} = \frac{e_{lj} - e_{sj}}{e_{\theta j} - e_{sj}}. \quad (7)$$

Коэффициент жесткости напряженного состояния

$$P_j = \frac{1 + m_j}{\sqrt{1 - m_j + m_j^2}}. \quad (8)$$

Результаты вычислений по выражениям (1) — (8) представлены в табл. 1.

Зная суммарную приведенную интенсивность формоизменения на этапах деформирования, достаточно просто разделить весь процесс на две отдельные

Таблица 1

Этапы деформирования j	Относительное увеличение диаметра $K = \frac{d_j - d_0}{d_0}$	Приращения главных компонентов деформации			Приращение интенсивности деформации e_j	Отношение главных компонентов напряжения m_j	Коэффициент жесткости напряженного состояния P_j	Приведенное приращение интенсивности деформации e_{j0}	Суммарная приведенная интенсивность формоизменения $\sum_j e_j$
		$e_{\theta j}$	e_{lj}	e_{sj}					
1	0,06	0,058	0,010	-0,068	0,073	0,619	1,852	0,149	0,149
2	0,12	0,055	-0,028	-0,027	0,055	-0,012	0,982	0,054	0,203
3	0,16	0,035	-0,017	-0,018	0,035	-0,019	0,963	0,034	0,237
4	0,19	0,026	-0,017	-0,009	0,026	-0,229	0,602	0,021	0,258
5	0,22	0,025	-0,007	-0,018	0,026	0,256	1,551	0,039	0,297
6	0,27	0,040	-0,040	0	0,046	-1,00	0	0,029	0,326
7	0,32	0,039	-0,022	-0,017	0,039	-0,089	0,837	0,036	0,362
8	0,36	0,029	-0,029	0	0,033	-1,00	0	0,021	0,383
9	0,39	0,022	-0,031	0,009	0,032	-1,29	-0,146	0,019	0,402
10	0,40	0,007	-0,007	0	0,008	-1,00	0	0,005	0,407

операции, где в пределах каждой приведенные интенсивности будут равны между собой:

$$\sum_{j=1}^p e_{j0}^I \approx \sum_{j=p+1}^n e_{j0}^{II}; \quad \sum_{j=1}^p e_{j0}^I + \sum_{j=p+1}^n e_{j0}^{II} = \sum_{j=1}^n e_{j0} \quad (1)$$

где p — количество элементарных этапов деформирования на первой операции

Условие (9) выполняется при $p = 2$, что соответствует относительному увеличению диаметра трубчатой заготовки на первой операции изготовления сиффона $K^I = 0,12$ и на второй $K^{II} = 0,28$.

Это объясняется более жесткой схемой деформирования на начальных этапах изготовления сиффона, где происходит более интенсивное использование запаса пластичности материала за счет действия растягивающего осевого напряжения σ_l .

Таким образом, при двухоперационном формовании сиффонов с промежуточной разупрочняющей термообработкой относительное увеличение диаметра трубчатых заготовок на первой операции должно составлять 30 % общего коэффициента гофрирования сиффонов и соответственно 70 % — на второй.

Данный вывод подтверждается опытом применения двухоперационной формовки при изготовлении сиффонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. И с а ч е н к о в Е.И. Штамповка резиной и жидкостью. — М.: Машиностроение, 1967. — 367 с. 2. С м и р н о в - А л я е в Г.А. Сопротивление материалов пластическому деформированию. — М.: Машиностроение, 1978. — 368 с.

УДК 621.07

В.Н.БУЛАХ, канд.техн.наук,

И.Н.МЕХЕД, канд.техн.наук,

П.С.ОВЧИННИКОВ, канд.техн.наук (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫТЯЖКИ КОРОбЧАТЫХ ДЕТАЛЕЙ

При вытяжке деталей коробчатой формы из плоской заготовки за один переход можно получить довольно глубокое изделие. Металл при этом в различных частях заготовки деформируется по-разному. Если считать, что в углах детали происходит вытяжка, а прямые стенки отгибаются, то это справедливо отчасти только для низких изделий. При увеличении высоты изделий участки угловых закруглений все больше воздействуют на прямые стенки, увеличивая их высоту, причем это влияние зависит и от радиуса закругления коробки.

В связи с этим значительные трудности представляет определение формы и размеров исходной заготовки.

В табл. 1 приведены данные, полученные при вытяжке квадратных коробок с наружными размерами в плане 64×64 мм из стали 08кп толщиной 1; 1,5 и 2 мм. Радиус закругления в месте перехода стенки изделия ко дну — 4 мм.