

УДК 621.7.044

В.В. Сухов, Н.Ф. Савченко

Харьковский национальный экономический университет (Украина)

Особенности разработки метода импульсной штамповки с раздачей полуфабриката

Исследуются некоторые подходы к разработке прогрессивных технологий в заготовительном производстве

Снижение темпов внедрения новых технологий приводит к негативным процессам в современной экономике и снижению конкурентоспособности продукции. Поэтому важнейшими задачами, стоящими перед технологией машиностроения, являются снижение непроизводительных затрат, обусловленных низкой точностью изготовления полуфабрикатов и деталей, улучшение эксплуатационных и прочностных свойств изделий, устранение доводочных работ, постепенное снижение доли трудоемких и малопроизводительных технологических процессов, таких, как выколотка, обкатка, штамповка на падающих молотах (и, во многих случаях, на прессах) [1-3]. Вместе с тем, использование целого ряда прогрессивных методов штамповки, кроме трудностей, связанных с выбором оборудования и оснастки, ограничено технологическими сложностями при изготовлении тонкостенных крупногабаритных деталей из-за возникновения гофров на поверхности деталей. Это способствует возникновению чрезмерных локальных утонений, превышающих допустимые иногда в 1,5–2 раза. Поиск же эффективных методов интенсификации прогрессивных технологических процессов затрудняется из-за проблем, возникающих преимущественно из-за отсутствия методов и приемов управления процессом формообразования тонколистовых заготовок на различных стадиях их формоизменения (а не только на конечных) и предупреждения потери пластической устойчивости. Цель работы – разработка прогрессивного метода листовой штамповки с искусственным регулированием зон пластической устойчивости.

При проектировании технологии штамповки с раздачей полуфабриката необходимо учитывать: 1) гибкость или относительную

толщину детали; 2) относительную глубину штамповки, определяемую отношением глубины (высоты) детали к ее диаметру или условному размеру; 3) механические характеристики материала (пределы прочности, текучести, относительное удлинение); 4) требования к качеству изделий, определяемые величиной утонений, наличием и размерами гофров на поверхности и отклонениями от норм, допустимыми по техническим условиям.

Для устранения брака из-за потери пластической устойчивости и обеспечения повышенных требований к точности при импульсных методах штамповки листовых (например, при газодетонационной штамповке) и пространственных заготовок следует предусмотреть максимально широкий спектр приемов управления напряженно-деформированным состоянием [2]. С этой целью при определении технологических параметров импульсной штамповки следует учитывать как общие, так и принципиальные отличия механизмов формообразования тонкостенных изделий методами высокоскоростной (импульсной, например, гидровзрывная, электрогидравлическая и др.) и статической (традиционные способы изготовления изделий на прессах, молотах и др.) штамповки. Общие особенности проявляются в необходимости использования прижимных устройств и удаления с полости матрицы воздуха, искусственного предупреждения возникновения гофров в сжато-растянутых зонах заготовки. Принципиальных отличий может быть значительно больше, так как следует учесть кратковременность процесса формообразования (менее 0,001...0,01 с), волновые эффекты, проявляющиеся в изменении формы образующей детали (конусность и локальные утонения стенок) и даже в просечке изделия в зоне радиуса закругления матрицы из-за «независимого» деформирования разножестких участков заготовки, причем более жестких в периферийных, фланцевых зонах. Поэтому при выборе технологических параметров штамповки-вытяжки целесообразно исходить не только из положения, используемого в практике статической (прессовой и беспрессовой) штамповки, в соответствии с которым принимается, что штамповка детали осуществляется до исчерпания несущей способности заготовки в опасном сечении. В этом случае напряжения, возникающие в стенках изделия при его формоизменении не должны превышать предел прочности штампуемого материала:

$$\sigma_{шт} \leq \sigma_B . \quad (1)$$

По сути, принимаемое условие отражает ограничение в штампуемости из-за достижения предельного состояния штампуемой заготовки в какой-то критический момент времени ее формообразования. Если использовать напрашивающийся вывод о том, что по соображениям интенсификации штамповки-вытяжки целесообразно искусственное снижение напряжений в опасном сечении $\sigma_{шт}$, то этим можно значительно сузить возможный объем мероприятий по расширению технологических возможностей штамповки-вытяжки как прогрессивного метода формообразования листовых и пространственных заготовок. Методы интенсификации в этих случаях могут ограничиваться использованием дифференцированного нагрева зон заготовки, штамповки с противодавлением и искусственным увеличением сил, прилагаемых к фланцу заготовки (фрикционная штамповка, увеличение до определенных пределов радиуса закругления кромки матричного кольца). При этом, исходя например, из условия (1), можно прийти к неверному выводу о целесообразности обеспечения при импульсной штамповке мероприятий по снижению скорости деформирования, так как предельное значение напряжения в опасном сечении может оцениваться и как

$$\sigma_{шт} = E \cdot \rho c \cdot v_{шт}, \quad (2)$$

где E – модуль упругости, а ρc – акустическая (динамическая жесткость), определяемая произведением плотности материала ρ заготовки на скорость звука c ; $v_{шт}$ – скорость смещения частиц деформируемого материала в опасном сечении.

Естественно, что при принятом допущении многие преимущества импульсных методов штамповки будут ограничены энергетическими соображениями, так как требование по снижению скорости деформирования приведет к искусственному уменьшению кинетической энергии инструмента, в качестве которого могут использоваться различные присоединенные массы, экраны, сама заготовка и передающая среда. Действительно, обрыв у протяжного ребра матрицы (при величине деформации $\varepsilon = 0$) возможен, если

$$v_{отн} = v_{д.ч} - v_{\phi} \geq \frac{\sigma_B}{\rho c}, \quad (3)$$

где $v_{д.ч}$, v_{ϕ} – скорости смещения донной части и фланца заготовки.

Очевидно, что опасность обрыва у протяжного ребра матрицы будет снижаться по мере уменьшения относительной скорости сме-

щения донной части заготовки $v_{отн}$. Для этого необходимо предусматривать в процессах тонколистовой штамповки возможность, с одной стороны, уменьшения скорости смещения донной части заготовки $v_{д.ч}$, а с другой – увеличения скорости смещения фланца, допуская возникновение в определенных пределах гофров на купольной части изделия. Пример использования этих подходов иллюстрируется рис. 1, на котором представлены натурные детали из нержавеющей стали.



Рис. 1. Детали диаметром 700 и 900 мм (а) и опытные образцы (б), отштампованные методом штамповки-раздачи

Дополнительным преимуществом разработанного метода можно считать и вытекающий из условия 3 вывод о возможности использования при интенсификации процесса вытяжки методов искусственного регулирования размеров зон деформации [2]. Выбор основных технологических параметров штамповки может производиться в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице. При этом относительный параметр $\Delta F / F_0$ учитывает отношение увеличения площади фланца как дополнительного припуска с целью предупреждения утяжки. Его значение не превышает 0,15 площади заготовки и значительно меньше, чем для традиционных методов.

Таким образом, разработан и может быть рекомендован метод штамповки с искусственным регулированием зон двухосного растяжения. В дальнейшем предполагается исследование особенностей штамповки изделий с формой в плане, отличной от осесимметричной.

Таблица

Основные параметры для проектирования технологического процесса

Основные параметры	Значения
Штамповка полуфабриката	
Начальный коэффициент вытяжки	$k_0 = k_{0\text{теор}} + \sqrt{\frac{\Delta F}{F_0}}$
Глубина штамповки	$f_{II} = \frac{f_0}{k_r} - 1,2\rho_{II} + \sqrt{r_{Д.Р.} \cdot \Delta e_s}$
Относительный радиус закругления протяжного ребра	$\bar{\rho} = [0,375 k_0 - 0,5] \cdot \lambda$
Коэффициент вытяжки фланца	$k_{\Phi} = \sqrt{k_0^2 + 1,7 \frac{\bar{\rho}}{\lambda} - \frac{2(f - r_{Д.Р.} \sqrt{e_{S.P.I}}) \cdot k_0}{r_0}}$
Допустимая относительная высота гофров	$\bar{h} = [0,3 \exp 2e_{\phi} - 0,25]^{\frac{1}{2}}$
Допустимое максимальное утонение	$e_{S_{MAX}} = [e] - \left(\frac{f_0 - f_{II}}{r_{Д.Р.}} \right)^2$
Штамповка – раздача	
Количество штамповочных переходов при относительной глубине деталей $\bar{f} \leq 0,5$	2...3
Оптимальная степень раздачи	$k_r = 1,05 \dots 1,2$
Минимальная величина радиуса закругления (S_0 – толщина заготовки)	$(1 \dots 3) \cdot S_0$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степанов В.Г., Сипилин П.М. и др. Гидровзрывная штамповка элементов судовых конструкций. – Л.: Судостроение, 1966. – 292 с.
2. Савченко Н.Ф. О проектировании техпроцессов гидровзрывной тонколистовой штамповки-вытяжки крупногабаритных деталей типа днищ // Импульсная обработка металлов давлением. Сб. статей под ред. В.К. Борисевича. – М.: Машиностроение. 1977. – С. 51-56.
3. Мазуровский Б.Я, Сизев А.Н. Электрогидравлический эффект в листовой штамповке. – Киев: Наук. думка, 1983. – 192 с.