

PACS: 81.40.-z, 61.16.Fk

С.В. Мирошниченко, В.Г. Сынков, С.Г. Сынков

ЭКСПРЕССНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ИНТЕНСИВНЫХ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины
83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 72

Предложена схема накопления интенсивных пластических деформаций (ИПД) в металлических образцах, объединяющая закрытую прошивку, глубокую вытяжку с наложением противодействия и простой сдвиг. На одном и том же комплекте оснастки возможно бесступенчато изменять накопленную деформацию, что позволяет определять предельную и оптимальную величины разовой деформации для данного материала. Отсутствие пересекающихся каналов и угловых зон в деталях оснастки позволяет расширить диапазон удельных напряжений в очаге деформации до 3 GPa.

Опыт, накопленный при использовании различных схем процесса ИПД [1,2], позволяет констатировать достаточную сложность методик получения экспериментальных образцов и низкую прочность деформирующего инструмента. Так, равноканальное угловое прессование (РКУ) [1] обеспечивается использованием инструмента с пересекающимися каналами, а винтовое прессование (ВП) [2] – матриц с прямоугольной формой поперечного сечения калибрующего пояска. Это приводит к высокой концентрации напряжений в штампе и ограничивает удельные нагрузки в очаге деформации давлениями до 1.0 GPa, что не может удовлетворять требованиям получения наноструктурного состояния в материалах, если их пластичность достаточно низка.

Важным вопросом при исследовании различных схем обработки заготовок является предельно возможная и оптимальная за один цикл величина деформации. В связи с этим нами предложена методика экспрессного исследования влияния величины деформации и удельного напряжения в очаге деформации в течение одного цикла обработки.

Как известно, для изменения деформации за цикл необходимо изменить угол пересечения каналов при РКУ-прессовании или азимутальный угол поворота калибрующего очка на выходе из матрицы по отношению к входному сечению при ВП. Это требует изготовления комплекта матриц с определенным шагом углов скрещивания или углов поворота сечений, что дорого.

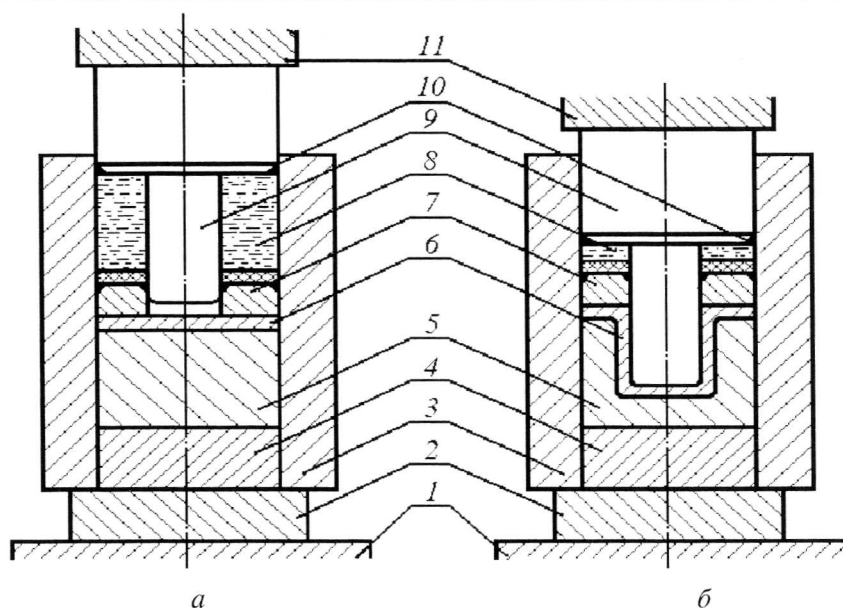


Рис. 1. Схема устройства: а – исходное положение, б – закрытая прошивка с вытяжкой

Проще осуществить подобное исследование комбинацией закрытой прошивки с противодавлением [3] и глубокой вытяжки с простым сдвигом.

На столе пресса 1 устанавливают плиту 2 и штамп 3 (рис. 1,а). В канале штампа размещают опору 4, вспомогательную заготовку 5 и экспериментальный образец 6, прижимной пуансон 7 с установленными на нем шайбой противодавления 8 и пуансоном 9 с клапаном 10. Между пуансоном и образцом обеспечивают начальный зазор 5–10 мм, необходимый для определенного уровня противодавления и начального поджима образца. При опускании ползуна пресса 11 (рис. 1,б) в шайбе создается давление прижима образца пуансоном, после чего начинается процесс совместной закрытой прошивки вспомогательной заготовки и глубокой вытяжки образца. Цилиндрическая зона образца с точки зрения накопления интенсивных пластических деформаций находится в оптимальных условиях: на контактной поверхности с пуансоном обеспечивается пассивная деформация удлинения, а на контакте со вспомогательной заготовкой трение стимулирует дополнительный простой сдвиг, величина которого регулируется условиями трения. Дополнительную деформацию вертикальной стенки стакана можно обеспечить торможением радиального течения материала в сторону вертикальной стенки за счет формы прижима фланцевого участка образца и специальной формы дна пуансона. Регулирование величины противодавления осуществляют настройкой клапана противодавления [4]. При диаметре пуансона $d_1 = 21$ мм, матрицы $d_2 = 30$ мм, толщинах заготовок 5 и 6 из меди соответственно 28 и 1 мм, глубине полости стакана 18 мм максимальное утонение стенки, найденное экспериментально, составило

$$e_1 = \ln(t_1/t_2) = 3.0,$$

где t_1 и t_2 — начальная толщина заготовки b и минимальная толщина вертикальной стенки стакана b соответственно.

В то же время накопленная деформация во вспомогательной заготовке, вычисленная по соотношению [5], составляет $e = 0.8 + 1.5 \ln(d_2^2/(d_2^2 - d_1^2)) = 1.8$.

При отсутствии смазки между заготовками появляется дополнительный сдвиг поверхностей стакана. Его величина в зоне верхнего фланца, определенная экспериментально методом Смирнова—Аляева, равнялась $e_2 \approx 1$, т.е. с учетом аддитивного суммирования деформации утонения и сдвига накопленная деформация в этой части стенки стакана составила $e = 4$. Распределение толщины стенки по высоте стакана хорошо аппроксимируется кубическим полиномом:

$$t_2 = 407.2 - 64x + 4.579x^2 - 0.115x^3 \text{ (}\mu\text{m)},$$

где x — текущая ордината стенки стакана (mm) с началом отсчета от дна стакана. Это позволяет параллельно с осью текущей ординаты стенки стакана построить ось эффективной деформации, которой можно поставить в соответствие конкретные структурные и физические свойства материала, прошедшего ИПД. Особо следует подчеркнуть возможность бесступенчатого изменения деформации, задаваемой только ходом пуансона и не требующей смены оснастки. Это позволяет иметь на одном образце непрерывно изменяющуюся и контролируемую степень накопленной деформации в широком ее диапазоне, что сложно осуществить при кручении в наковальнях.

При использовании пуансонов из инструментальных сталей и твердых сплавов диапазон обрабатываемых материалов может быть расширен до уровня их характеристик $\sigma_3 = 1.2\text{--}1.5$ GPa, что позволит обработать подавляющее большинство классов заготовок из машиностроительных материалов.

1. В.М. Сегал, В.И. Резников, В.И. Копылов и др., Процессы пластического структурообразования металлов, Наука і техника, Минск (1994).
2. Я.Е. Бейгельзимер, В.Н. Варюхин, В.Г. Сынков, С.Г. Сынков, ФТВД 10, № 1, 24 (2000).
3. С.Г. Сынков, В.Н. Варюхин, В.Г. Сынков и др., Способ упрочнения материала и устройство для его осуществления, Патент Украины № 46999 от 15.05.2001 г.
4. В.Г. Сынков, В.А. Богданов, Устройство для гидроэкструдирования с противодавлением, А. с. № 1159672 СССР, ДСП. ГРИ, 15.11.1989 г.
5. П.И. Перлин, Теория прессования металлов, Металлургия, Москва (1964).

S.V. Miroshnichenko, V.G. Synkov, S.G. Synkov

A PROXIMATE METHOD FOR INVESTIGATION OF SEVERE PLASTIC DEFORMATIONS

A scheme is proposed for the accumulation of severe plastic deformations in metallic samples. It involves closed drifting, deep stretching with backpressure application and simple shear. With one and the same set of attachments one can vary the accumulated deformation in a stage-free manner, making it possible to determine the limiting and optimal value of the single straining for a given material. In the absence of intersecting channels and angular zones in the attachment components, one can make broader (to 3 GPa) the range of specific stresses at deformation site.

Fig. 1. Schematic showing of the plant: *a* – initial position, *б* – closed drifting with stretching