

PACS: 81.40.-z

Я.Е. Бейгельзимер, Д.В. Прилепо, С.Г. Сынков

ПОЛУНЕПРЕРЫВНАЯ ВИНТОВАЯ ЭКСТРУЗИЯ

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина НАН Украины
ул. Р. Люксембург, 72, г. Донецк, 83114, Украина
E-mail: prilepo@pisem.net

Представлены результаты исследования механики течения материала при полунепрерывной винтовой экструзии (ПНВЭ). Исследование проведено на модельной установке, выполненной из оргстекла. В качестве материала для исследований взят слоистый пластилин. Показано, что в очаге деформации при ПНВЭ реализуется простой сдвиг в плоскости, параллельной оси заготовки. Выполнены теоретические оценки, показывающие возможность реализации этого процесса «в металле».

Одним из методов интенсивной пластической деформации (ИПД) является винтовая экструзия (ВЭ), которая позволяет осуществлять деформацию простого сдвига в плоскости, перпендикулярной оси заготовки [1,2]. Методом ВЭ можно (после нескольких проходов заготовки) получать хорошо проработанную по всему объему структуру, сохраняя при этом первоначальные размеры образца, что очень важно при дальнейшем его использовании. Основным недостатком ВЭ – невозможность обработки заготовок большой длины ввиду значительной площади поверхности трения, характерной для всех участков канала, которая вносит существенную составляющую в усилие прессования.

Одним из способов, позволяющих значительно снизить усилие прессования, является прессование с активным действием сил трения [3]. Такие процессы осуществляются во время прямого прессования, когда заготовка движется вместе с контейнером, в котором находится, причем скорости движения заготовки и контейнера могут отличаться.

Для того чтобы реализовать активное трение при ВЭ, традиционный канал винтовой матрицы (рис. 1,а) мы модифицировали (рис. 1,б). Такая схема канала позволяет создать установку для полунепрерывного процесса. При этом на одной оси на определенном расстоянии друг за другом размещаются деформирующие элементы матрицы, через которые осуществляется экструзия при протягивании заготовки вдоль канала. Заготовка продвигается при помощи заталкивающего устройства (ЗУ), состоящего из двух плоских плит

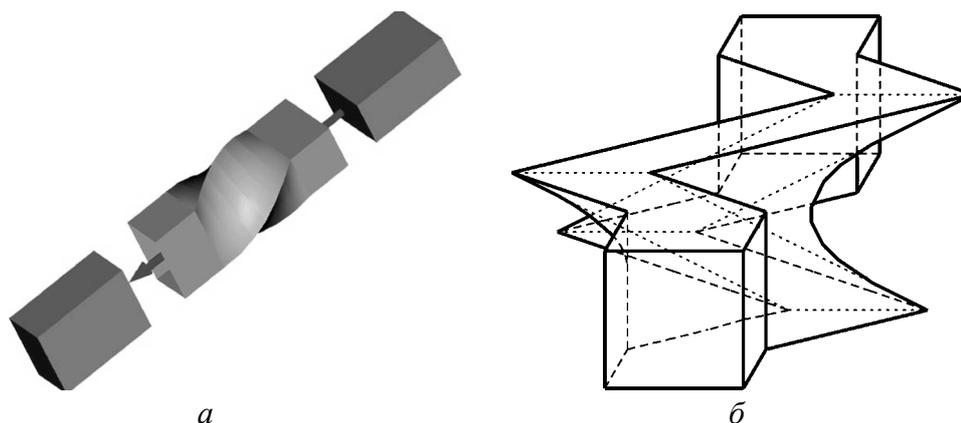


Рис. 1. Схемы традиционного (а) и модифицированного (б) винтовых каналов

со специальным рельефом на рабочей поверхности для повышения проталкивающей способности (рис. 2). Эти плиты совершают сложное возвратно-поступательное четырехтактное движение: *а* – подход ЗУ к заготовке (захват); *б* – проталкивание заготовки одновременно через все винтовые матрицы; *в* – отход ЗУ от заготовки (освобождение); *г* – возврат ЗУ в первоначальное положение.

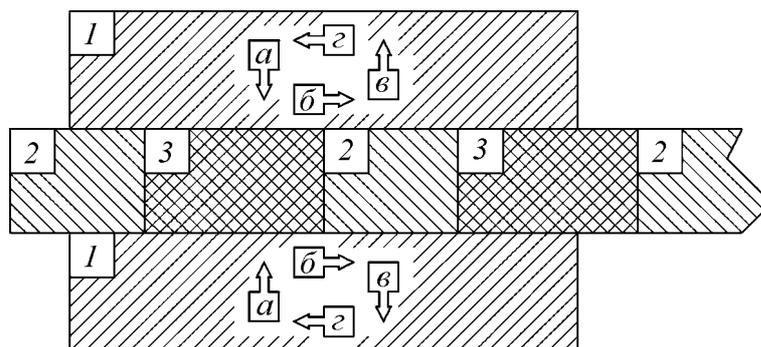


Рис. 2. Принципиальная схема установки для ПНВЭ: 1 – ЗУ, 2 – плоские направляющие, 3 – модифицированная винтовая матрица

Известно, что для получения ультрамелкозернистой (УМЗ) структуры, например в титане, необходимо достичь степени деформации сдвига порядка 5 [4]. Степень деформации сдвига определяется как $e = \operatorname{tg}\alpha$. Если в матрице использовать два участка с углами наклона по 45° в разные стороны, то при проходе металла через такую матрицу в нем будет накапливаться степень деформации $e \sim 2$. Следовательно, для получения УМЗ в титане понадобится установка для ПНВЭ с тремя матрицами.

Процесс ПНВЭ реализовали таким образом. Заготовку помещали передним торцом в прямую заднюю часть канала, образованную плоскими направляющими 2 и плоскими плитами ЗУ 1, которые находились в «не зажатом» положении. Затем ЗУ сжимали, захватывая заготовку, и протаскивали ее через деформирующую часть матрицы (ДЧМ) 3 при поступательном движении (такты

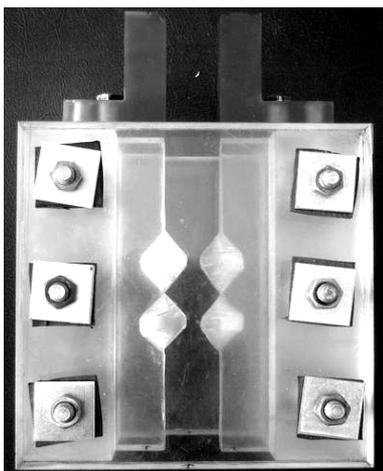


Рис. 3. Лабораторная установка (показана без плоских плит ЗУ)

a и *б*) на расстояние, равное величине хода ЗУ. При вхождении ДЧМ заготовка претерпевала преобразование прямоугольного сечения в параллелограммное, накапливая при этом деформацию одного знака. При выходе из ДЧМ заготовка из параллелограммной приобретала первоначальную прямоугольную форму, получая деформацию обратного знака. Далее заготовку освобождали (такт *в*), ЗУ возвращали в исходное положение (такт *г*), после чего происходил захват уже большей части заготовки, и т.д.

С целью предварительного исследования характера течения металла мы произвели физическое моделирование процесса. Была разработана и изготовлена модель установки для ПНВЭ из органического стекла (рис. 3)

Установка имеет такие параметры канала матрицы: входная часть – $26 \times 26 \times 120$ mm; деформирующая – угол наклона деформирующих стенок канала – $\pm 45^\circ$, длина – 60 mm; выходная часть – $26 \times 26 \times 45$ mm. На установке был продеформирован пластилиновый трехслойный трехцветный образец с размерами $26 \times 26 \times 105$ mm.

Эксперимент проводили при температуре 20°C . Установку собрали, как показано на рис. 3, предварительно покрыв рабочие поверхности канала смазкой, в качестве которой использовали пчелиный воск с касторовым маслом. После смазки заготовку поместили во входной части канала матрицы, между двух «не зажатых» плит ЗУ. Далее ЗУ зажали и провели процесс прессования до упора ЗУ в нижнюю плиту пресса так, чтобы затормозить заготовку в канале матрицы. Процесс остановили, разобрали установку, извлекли заготовку и порезали ее на темплеты. На рис. 4 показаны характерные сечения заготовки. Из снимков видно, что модельный материал повторяет изменения формы сечения канала матрицы и в нем реализуется деформация по схеме простого сдвига в плоскости, параллельной оси заготовки. Это свидетельствует об ином течении материала при деформировании, чем при ВЭ, и ставит процесс в разряд новых.

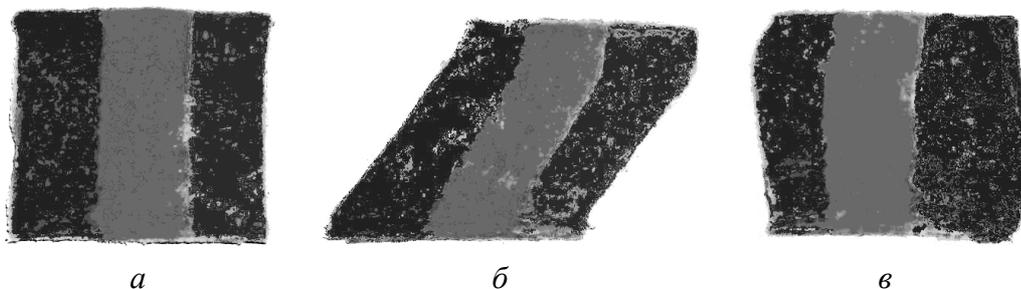


Рис. 4. Сечения заготовки во входной (*a*), деформирующей (*б*) и выходной (*в*) частях матрицы

Рассмотрим возможность применения «зажимного» ЗУ для ПНВЭ. Необходимо рассчитать силу сдавливания и рабочую длину ЗУ, при которых они способны перемещать заготовку по каналу с силой, необходимой для деформирования.

Поскольку деформированное состояние определяется как

$$e = \operatorname{tg} \alpha,$$

при $\alpha = 45^\circ$ и «двойной» винтовой матрице $e = 2$.

Тогда давление, которое необходимо создать ЗУ в продольном направлении, составит

$$p = \sigma_{ysl}ek,$$

где σ_{ysl} – предел текучести деформируемого материала, kg/mm^2 ; k – коэффициент, учитывающий трение заготовки о деформирующие и направляющие части матрицы и противодействие.

Сила сжатия заталкивающего устройства

$$Q = \frac{abp}{2\mu},$$

где a и b – размеры сечения заготовки, mm ; μ – коэффициент трения между ЗУ и заготовкой.

Условие проталкивания заготовки ЗУ представим в виде

$$\frac{l}{a} > \frac{p}{2\mu\sigma_{ysl}},$$

где l – длина заготовки, находящейся в «зацеплении» с ЗУ, mm .

Это соотношение показывает, что при $\sigma_{ysl} = 50 \text{ kg/mm}^2$, $\mu = 0.3$, $e = 2$, $k = 1.5$ отношение длины к поперечному сечению заготовки должно быть не менее 5 для проталкивания через одну «двойную» винтовую матрицу с подвижными стенками.

Выводы:

- показана возможность осуществления ВЭ с помощью сил активного трения;
- установлено, что в процессе деформирования материал повторяет изменение геометрии деформирующего инструмента;
- показано, что при ПНВЭ деформация осуществляется по схеме простого сдвига, плоскость которого расположена параллельно большей оси заготовки, что позволяет существенно улучшить механические свойства заготовки вдоль этого направления.

1. Я.Е. Бейгельзимер, В.Н. Варюхин, С.Г. Сынков, А.Н. Сапронов, В.Г. Сынков, ФТВД 9, № 3, 109 (1999).

2. *Y. Beygelzimer, D. Orlov, V. Varyukhin*, Ultrafine Grained Materials II, Y.T. Zhu, T.G. Langdon, R.S. Mishra, S.L. Semiatin, M.J. Saran, T.C. Lowe (eds.), TMS (2002), p. 297–304.
3. *В.Л. Бережной, В.Н. Щерба, А.И. Батулин*, Прессование с активным действием сил трения, Металлургия, Москва (1988).
4. *Я.Е. Бейгельзимер, В.Н. Варюхин, Д.В. Орлов, С.Г. Сынков*, Винтовая экструзия – процесс накопления деформаций, ТЕАН, Донецк (2003).

Y.E. Beygelzimer, D.V. Prylepo, S.G. Synkov

SEMICONTINUOUS TWIST EXTRUSION

Results of studies of mechanical flow of material under semicontinuous twist extrusion (SCTE) are described. Study is run for model installation made from glass. Flaky plasticine was taken for studies. It is shown that in the strain area under semicontinuous twist extrusion a sample shear in planes parallel to axis of billet is realized. Theoretical evaluations, showing possibility of process realization «in metal», have been performed.

Fig. 1. Schemes of conventional (*a*) and modified (*b*) twist channels

Fig. 2. Diagram of a plant for SCTE: 1 – pusher, 2 – flat guides, 3 – modified twist die

Fig. 3. Laboratory plant (pusher plates are not shown)

Fig. 4. Billet sections in inlet (*a*), deforming section (*b*) and outlet (*b*) of the die