

PACS: 81.40.-z

В.А. Белошенко, Э.А. Медведская, Н.И. Матросов,
В.З. Спусканюк, Б.А. Шевченко, А.Б. Дугадко

ДЕФОРМИРУЮЩИЙ БЛОК ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СДВИГОВОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

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

Разработан деформирующий блок, позволяющий осуществлять процесс сдвиговой деформации в дробном режиме. Исследованы его технологические возможности.

Одним из основных методов получения нанокристаллических материалов является интенсивная пластическая деформация (ИПД) в условиях, близких к простому сдвигу [1–4].

Известны различные методы ИПД (равноканальное угловое прессование, винтовое прессование, равноканальное угловое прессование с противодавлением, двойное равноканальное угловое прессование, деформация кручением под давлением и т.д.) и устройства для их реализации.

Настоящая публикация посвящена разработке и исследованию технологических возможностей деформирующего блока, позволяющего осуществить процесс сдвиговой деформации в дробном режиме деформирования.

На рис. 1 показано устройство деформирующего блока для реализации сдвиговой пластической деформации. Оно представляет собой набор из 4–8 толстостенных поворотных втулок одной высоты с пересекающимися деформирующими каналами одинакового диаметра. Угол пересечения каналов θ составляет 60–80°. Для сохранения направления движения заготовки каналы входной и выходной втулок выполнены соосными по вертикали. Втулки с наклонными каналами образуют попарно так называемое колено, положение которого в пространстве можно изменять с шагом 90° путем поворота втулок относительно их вертикальной оси. Таким образом регулируется положение плоскости сдвига в пространстве. Величина шага выбрана на основании известных представлений о влиянии маршрута прохождения заготовки при многоцикловом прессовании на эффективность упрочнения материала.

Втулки размещены в корпусной обойме. Их положение в радиальном направлении зафиксировано двумя направляющими шпонками, в осевом –

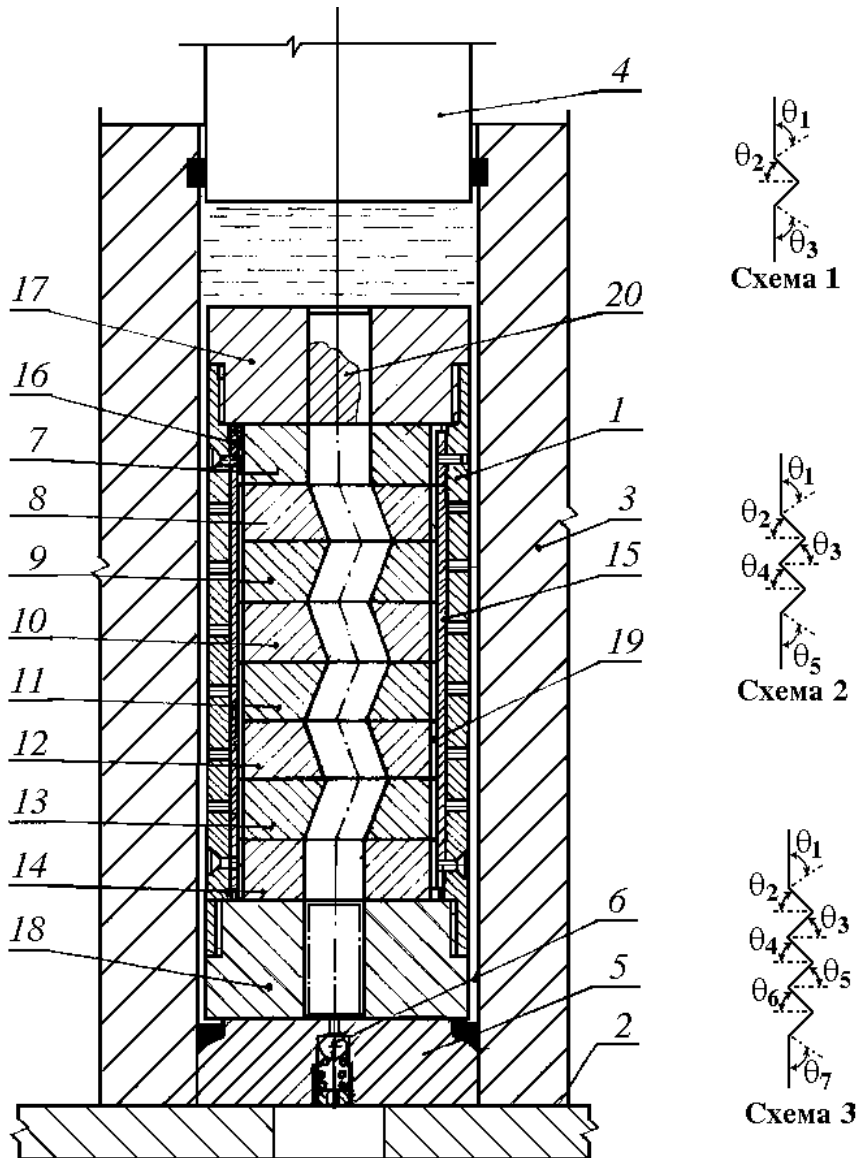


Рис. 1. Деформирующий блок и схемные варианты его выполнения: 1 – компакт-блок; 2 – траверза пресса; 3 – контейнер; 4 – пуансон; 5 – матрицедержатель; 6 – перепускной клапан; 7–14 – втулки; 15, 16 – шпонки; 17, 18 – опорные элементы; 19 – шпоночный паз; 20 – заготовка

опорными элементами-гайками. Основные размеры деформирующего блока: наружный диаметр $d_{ext} = 78 \text{ mm}$, диаметр деформирующего канала $d_{ch} = 15 \text{ mm}$, высота $H = 175 \text{ mm}$.

Описанный блок позволяет реализовать процессы дробной ИПД как традиционным прессованием (проталкиванием пуансоном), так и выдавливанием жидкостью высокого давления. В последнем случае компактный деформирующий блок размещается в контейнере для гидропрессования с каналом диаметром 80 mm.

Уплотнение деформирующего блока в контейнере осуществляется контактным методом за счет сопрягаемых поверхностей опорного элемента блока и матрицедержателя. Быстроразъемный контактный метод позволяет облегчить и ускорить операции переналадки в процессе технологических исследований.

На рис. 1 показаны угловые схемы каналов деформирующего блока: из 8 втулок (схема 1) с углами пересечения $\theta_1 = \theta_7 = 80-75^\circ$, $\theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 = \theta_6 = 70-60^\circ$; из 6 втулок (схема 2) – $\theta_1 = \theta_5 = 80-75^\circ$, $\theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = 70-60^\circ$; из 4 втулок (схема 3) – $\theta_1 = \theta_3 = 80-75^\circ$, $\theta_2 = 70-60^\circ$.

Предпочтительнее индивидуальный подход к каждому варианту с учетом свойств материала и гибкого регулирования условий его деформирования по переходам и эффективности обработки в целом.

В зависимости от выбранной схемы, количества деформирующих втулок и углов пересечения их каналов достигается деформация различной единичной и суммарной цикловой интенсивности.

Единичная интенсивность деформирования помимо указанных определяющих параметров зависит также от выбранной длины исходной заготовки.

При длине заготовки, равной высоте втулки, единичная интенсивность $\Delta\Gamma = 0.35-0.536$; при удвоенной длине $\Delta\Gamma = 0.71-1.69$; при утроенной – $\Delta\Gamma = 1.42-2.21$. Суммарная интенсивность деформации за один технологический цикл при этом достигается величиной в интервале $\Gamma_{\text{сум}} = 1.42-4.536$.

При проведении экспериментальных исследований конструкция деформирующего блока позволяет реализовать следующие преимущества:

- осуществлять прессование с различной разовой величиной пластической деформации за счет варьирования количества деформирующих матричных втулок и углов пересекающих их каналов;
- проводить прессование при варьировании в широких пределах уровня силового режима;
- достигать за один технологический цикл высокой суммарной степени деформации;
- осуществлять деформацию жидкостью высокого давления, в том числе с противодавлением, улучшая при этом трибологические условия процесса деформации и повышая эффективность структурообразования и упрочнения;
- реализовать разнообразные варианты пространственного развития деформации и образования текстур за счет изменения ориентации плоскостей сдвига, достигаемых разворотом соответствующих спаренных матричных втулок (колен).

Исследованы силовые характеристики процесса дробного режима пластической деформации простым сдвигом при схемах: с 2 пересекающимися каналами с $\theta = 75$ и 80° ($\Delta\Gamma = 0.53$ и 0.35 соответственно); с 3 каналами с $\theta_1 = 80^\circ$ и $\theta_2 = 70^\circ$ ($\Delta\Gamma = 1.08$) и $\theta_1 = 75^\circ$ и $\theta_2 = 60^\circ$ ($\Delta\Gamma = 1.69$), а также с 4 каналами с $\theta_1 = 80^\circ$, $\theta_2 = 70^\circ$, $\theta_3 = 80^\circ$ ($\Delta\Gamma = 1.42$).

Пластическую деформацию с дробным режимом деформации простым сдвигом проводили традиционным прессованием на образцах из меди диаметром 15 мм и длиной заготовок 30–60 мм с единичной интенсивностью

$\Delta\Gamma = 0.35; 0.536; 1.08; 1.42$ и 1.69 , эквивалентной: относительному обжатию (%) $\varepsilon = 18; 27; 46; 55; 62$, вытяжке $1.22; 1.36; 1.85; 2.25; 2.65$ и истинной деформации $e = 0.202; 0.309; 0.62; 0.82; 0.976$ соответственно.

Установлена количественная зависимость давления деформации меди от величины единичной интенсивности в диапазоне от 0.35 до 1.69 . Исследована механика процесса проталкивания через $n \geq 2$ пересекающихся каналов равного поперечного сечения, при котором ре-ализуется деформация простым

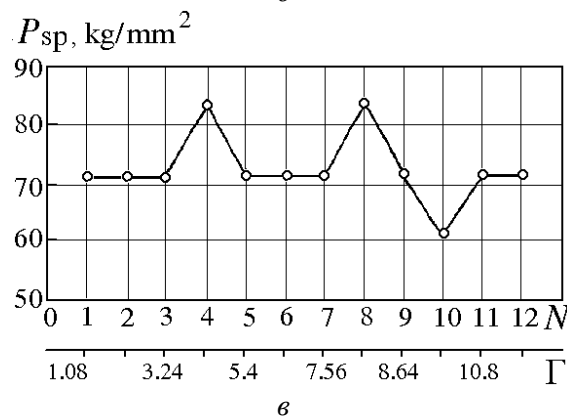
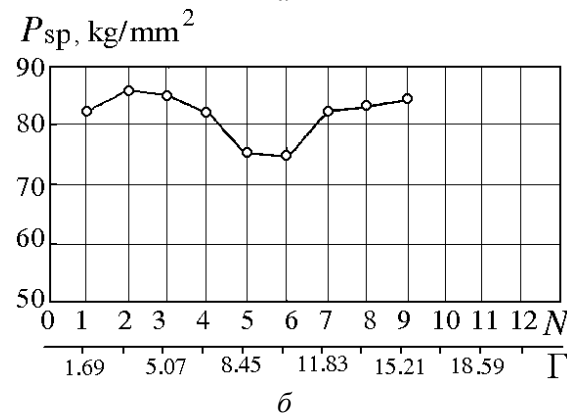
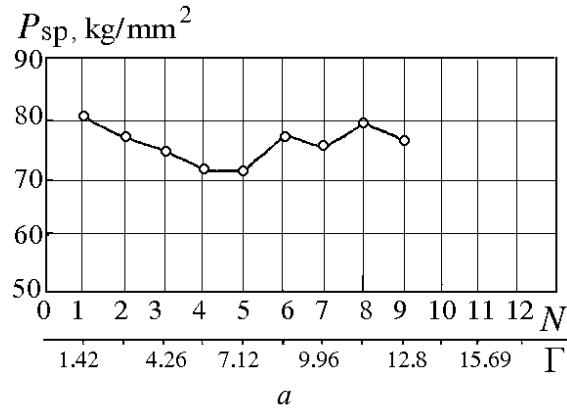


Рис. 2. Изменение давления прессования при многоцикловой обработке: *a* – $\Delta\Gamma = 1.42$; *б* – 1.69 ; *в* – 1.08

сдвигом. Процесс деформации характеризуется начальным пиковым давлением и более низким ($\approx 25\%$) по величине давлением установившейся стадии деформирования [5]. Отмечается важная роль фактора внешнего трения в характере истечения заготовки и уровня силового режима. Характер зависимости силового режима свидетельствует о значительном росте давления с увеличением единичной интенсивности и эквивалентной ей степени деформации. Исследуемые режимы позволяли получать бездефектные заготовки с постоянной геометрией сечения (диаметром) при реализации производительного способа прессования «заготовка за заготовкой».

Изучены силовые характеристики процесса дробного режима пластической деформации в процессе ее накопления в материале заготовки реализацией до 12 циклов проталкивания через деформирующий инструмент с единичной интенсивностью $\Delta\Gamma_1 = 1.08$; $\Delta\Gamma_2 = 1.42$; $\Delta\Gamma_3 = 1.69$ и достижения при этом суммарной интенсивности $\Gamma = 12.88-15.21$ (истинной деформации $e = 7.44-8.79$).

Наблюдается сложный немонотонный характер величины давления проталкивания в зависимости от суммарной накопленной деформации (количества циклов), отражающий процессы структурных изменений в деформируемом материале и их неоднозначное влияние на контактное трение заготовка–инструмент и сопротивление деформированию (рис. 2).

В процессе обработки технологических приемов деформирования с использованием описываемого устройства изготовлен ряд образцов для исследования. Так, из исходной крупнокристаллической меди М1 (режим отжига: 550°C, 1 h) получены образцы по схемам деформирования через три и четыре пересекающихся канала с величиной накопленной пластической деформации $e \leq 8.79$. В результате такой обработки в меди формируется субмикроструктурная структура. Данные о характере изменения размера зерен в зависимости от величины накопленной деформации и угла пересечения каналов приведены в [5].

По схеме деформирования через 4 и 8 пересекающихся каналов получены образцы из полимеров (полиэтилена низкой и высокой плотности) с величиной накопленной деформации $e \leq 16.53$. Деформация простым сдвигом в указанных условиях сопровождается заметным (до 2.5 раз) увеличением микротвердости образцов.

Кроме того, показана возможность использования данного устройства для изготовления биметаллических и композиционных (например, Cu–Al и Cu–NbTi) прутков, а также заготовок для получения листовых изделий из этих пар металлов. Их деформирование осуществлялось по схеме с 4 пересекающимися каналами, а величина накопленной деформации достигала значений $e = 6.82$. Примечательно, что в этой серии экспериментов полосчатая структура исходно деформированного состояния металлов проявляла тенденцию к преобразованию в близкую к равноосной мелкозернистую микроструктуру.

1. Р.А. Андриевский, А.М. Глезер, ФММ **88**, № 1, 50 (1999).
2. В.М. Сегал, В.И. Резников, А.Е. Дробышевский и др., Металлы № 1, 115 (1981).
3. В.М. Сегал, В.И. Резников, В.И. Копылов и др., Пластическое структурообразование в металлах, Наука и техника, Минск (1994).
4. Р.З. Валиев, И.В. Александров, Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией, Логос, Москва (2000).
5. В.Н. Варюхин, В.З. Спусканюк, Н.И. Матросов, А.Б. Дугадко, Б.А. Шевченко, Э.А. Медведская, Л.Ф. Сенникова, А.В. Спусканюк, Е.А. Павловская, ФТВД **12**, № 4, 31 (2002).

*V.A. Beloshenko, E.A. Medvedskaya, N.I. Matrosov, V.Z. Spuskanyuk,
B.A. Shevchenko, A.B. Dugadko*

A DEFORMING UNIT FOR THE SHEAR PLASTIC DEFORMATION REALIZATION

A deforming unit has been designed to realize the process of shear deformation in fractional regime. Technological potentialities of the unit have been investigated.

Fig. 1. Deforming unit and schematic modifications thereof: 1 – compact-unit; 2 – cross-piece at the press; 3 – chamber; 4 – punch; 5 – die holder; 6 – relief valve; 7–14 – bushes; 15, 16 – keys; 17, 18 – supporting elements; 19 – key slot; 20 – billet

Fig. 2. Changes in extrusion pressure upon many-cycle treatment: $a - \Delta\Gamma = 1.42$; $b - 1.69$; $c - 1.08$