

ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ВЫДАВЛИВАНИЕМ НА ПРИМЕРЕ НЕКОМПАКТНОГО МАТЕРИАЛА

Андреев А.П., Шибakov В.Г.

Камская государственная инженерно-экономическая
Кафедра “Машины и технология обработки металлов давлением”

Научный руководитель: д.т.н., проф. Шибakov В.Г.

В последнее десятилетие внимание исследователей практически всех специальностей обращено к наноматериалам и нанотехнологиям. Такой интерес связан в первую очередь с тем, что исследования в этой области привели к открытию многих уникальных свойств вещества, находящегося в нанокристаллическом состоянии. Это позволило не только создать совершенно новые поколения материалов и устройств, но и изменить многие представления ученых об окружающем мире.

Уменьшение размеров частиц вещества до нанометровых приводит к изменению практически всех его свойств: параметров (а иногда и типа) кристаллической решетки, температуры плавления, теплоемкости, электропроводности и т.д. Кроме этого, у вещества возникают новые оптические, магнитные и электронные эффекты, изменяются его каталитические и реакционные свойства. Все эти эффекты проявляются тем сильнее, чем меньше размеры частиц и чем они ближе к атомарным [1].

К настоящему времени разработано несколько методов получения таких материалов. Большинство из них включает компактирование порошков, которые получены различными способами. Среди них ультрадисперсные порошки, а также измельчением порошков в шаровой мельнице и др. Некоторые из этих методов были успешно использованы для создания объемных наноструктурных материалов. Это, прежде всего, газовая конденсация с последующим компактированием и обработка порошков в шаровой мельнице с последующей консолидацией. Данные методы явились основой многочисленных исследований структуры и свойств нанокристаллических и нано-фазных материалов. Вместе с тем до сих пор существуют проблемы в развитии этих методов, связанные с сохранением некоторой остаточной пористости при компактировании, загрязнении образцов при подготовке порошков или их консолидации, увеличением геометрических размеров получаемых образцов, практическим использованием данных методов.

Достижение наноструктурных состояний может быть обеспечено при использовании методов обработки, названными интенсивной пластической деформацией (ИПД). Задачей методов ИПД является формирование наноструктур в массивных металлических образцах и заготовках путем измельчения их микроструктуры до наноразмеров.

Создание таких наноструктур может быть осуществлено методами ИПД, позволяющими достичь очень больших деформаций при относительно низких температурах в условиях высоких приложенных давлений. Для реализации этих принципов были использованы и развиты специальные схемы механического деформирования, такие как интенсивное кручение под высоким давлением, кручение дисковых заготовок на наковальнях Бриджмена, равноканально-угловое (РКУ) прессование, всесторонняя ковка и др. В последнее время появился ряд новых технологических схем получения НСМ с использованием ИПД: “песочные часы” [2], винтовое прессование, при котором интенсивные сдвиговые деформации достигаются путем гидромеханического прессования призматических заготовок через матрицу с винтовым каналом, сечение которого, ортогональное оси прессования, постоянно вдоль этой оси [3]. Благодаря указанным особенностям геометрии канала форма заготовки после выдавливания не

изменяется, что позволяет осуществлять ее многократное прессование с целью накопления интенсивных деформаций.

Такие технологические схемы ИПД имеют ряд достоинств. Во-первых, можно изготовить массивные образцы для проведения механических испытаний. Во-вторых, в получаемых материалах отсутствует остаточная пористость. В-третьих, эти методы можно использовать для получения сверхмелкозернистой структуры не только в чистых металлах, но в промышленных сплавах, что позволяет говорить о перспективах промышленного применения.

На кафедре “Машины и технология обработки металлов давлением” камской государственной инженерно-экономической академии (КамПИ) разработан перспективный способ обработки металлов ИПД выдавливанием для получения наноструктур и устройство для его осуществления (рис. 1) [4].

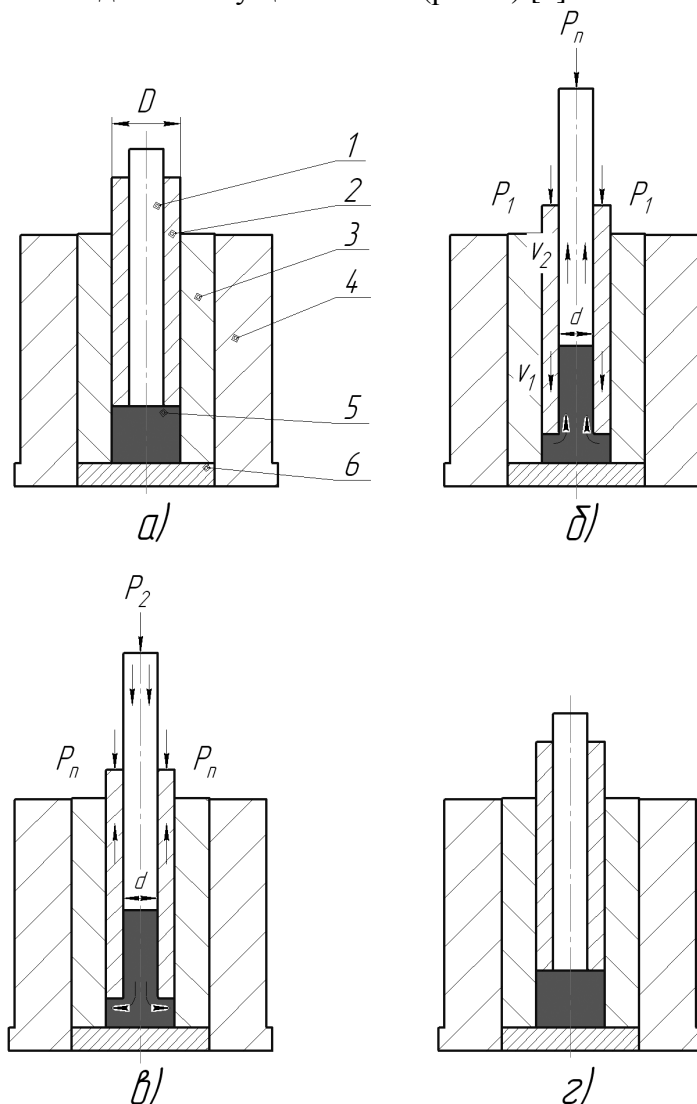


Рис. 1. Схема процесса ИПД выдавливанием: а)-г) – стадии процесса выдавливания; 1 – Сплошной пуансон; 2 – Пóлый пуансон; 3 – Матрица; 4 – Бандаж; 5 – Заготовка; 6 – Плита с большой шероховатостью; P_1 , P_2 – силы выдавливания на разных стадиях; P_n – сила противодействия ($0 \leq P_n < P_1$, $0 \leq P_n < P_2$); D , d – диаметры пуансонов; v_1 , v_2 – скорости движения инструментов.

Заготовку 5 помещают в матрицу 3, установленную на специальной плите 6 с большой шероховатостью поверхности и закрепленную в бандаже 4. Высота матрицы превышает высоту заготовки. На заготовку устанавливают сплошной 1 и полый 2

пуансоны и осуществляют закрытую осадку с целью заполнения полости и устранения пустот. Затем производят обратное выдавливание до тех пор, пока металл не заполнит примерно 90% полости, после чего осуществляют прямое выдавливание металла внутренним сплошным пуансоном до совпадения нижних поверхностей полого и сплошного пуансонов. Далее вновь производят обратное, а затем прямое выдавливание.

Исследование возможностей предложенного метода было произведено в два этапа:

1. Компьютерное моделирование с помощью пакета QForm 2D/3D;
2. Натурный эксперимент.

Выдавливание цилиндрического образца рассматривалось как осесимметричная задача.

Начальные данные моделирования: оборудование – гидравлический пресс двойного действия силой 1,2 МН; сила противодействия, создаваемая сплошным пуансоном, 2000 Н; материал заготовки – С3 (свинец); смазка – g-hi (графитная смазка); температура заготовки на начало штамповки 22°C; температура инструмента 22°C.

Компьютерное моделирование показало:

- 1) средняя степень деформации образца даже после одного цикла прессования составила $\varepsilon = 270\%$;
- 2) моделирование не выявило каких-либо дефектов: зажимов, трещин, заусенцев и т.д.

При проведении натуральных испытаний использовался гидравлический пресс простого действия модели ПК1293402 силой 2,5 МН.

В качестве исходного материала использовалась свинцовая дробь $d = 3,7$ мм по ГОСТ 7837-76. По данному ГОСТу дробь поставляется в смазке.

Для эксперимента дробь намеренно не очищалась от смазки, что позволило после проведения 3 циклов прессования определить относительную деформацию дробинки.

Полученный после деформирования образец представляет собой массив ориентированных тонких пластинок.

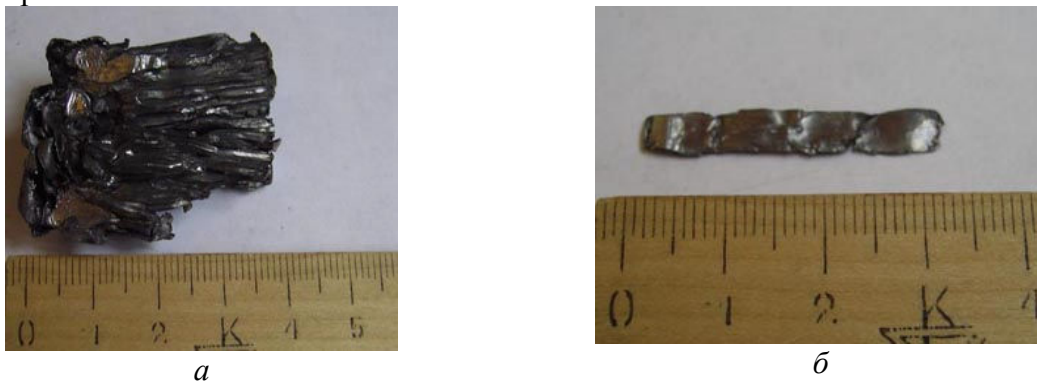


Рис. 2. Образец полученный ИПД выдавливанием: а – образец в разрезе, б – деформация дробинки на поверхности образца.

1. Деформация дроби на поверхности полученного образца, %:
Относительное удлинение:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{30 - 3,7}{3,7} = 710\%$$

где l_1 – длина дробинки после деформации, мм;

l_0 – диаметр дробинки до деформации, мм;

Относительное сужение:

$$\varepsilon_b = \frac{\Delta b}{b_0} = \frac{b_1 - b_0}{b_0} = \frac{4 - 3,7}{3,7} = 8\%,$$

где b_1 – ширина дробинки после деформации, мм;

b_0 – диаметр дробинки до деформации, мм;

Относительное обжатие:

$$\varepsilon_h = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{h_0 - h_1}{h_0} = \frac{3,7 - 0,22}{3,7} = 94\%,$$

где h_0 – диаметр дробинки до деформации, мм;

h_1 – толщина дробинки после деформации, мм;

Относительное изменение площади поперечного сечения образца при выдавливании:

$$\psi = \frac{F_0 - F}{F_0} = \frac{10,74 - 0,88}{10,74} = 91,8\%$$

2. Деформация дроби в центральной части образца, %:

Относительное удлинение:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{33,75 - 3,7}{3,7} = 812\%,$$

где l_1 – длина дробинки после деформации, мм;

l_0 – диаметр дробинки до деформации, мм;

Относительное уширение:

$$\varepsilon_b = \frac{\Delta b}{b_0} = \frac{b_1 - b_0}{b_0} = \frac{3,7 - 1}{3,7} = 73\%,$$

где b_1 – ширина дробинки после деформации, мм;

b_0 – диаметр дробинки до деформации, мм;

Относительное обжатие:

$$\varepsilon_h = \varepsilon_b,$$

Относительное изменение площади поперечного сечения образца при выдавливании:

$$\psi = \frac{F_0 - F}{F_0} = \frac{10,74 - 0,785}{10,74} = 92,7\%$$

Вывод:

Новый способ перспективен для осуществления ИПД в крупногабаритных заготовках, в том числе из керамики, интерметаллидов и других малопластичных материалах.

Литература.

1. Вертегел А.А. “Первые шаги в наномире”. Химия в школе №4, с. 7, 2002 г.
2. Голубев О.В. Разработка технологии получения заготовок холодновысадочного инструмента высокой стойкости. Дис. ... канд. тех. наук. Уфа, 199. 146 с.,
3. Орлов Д.В. Формирование структуры металлов винтовым прессом // 7-ая всероссийская научная конференция студентов-физиков: Тез. докл. Санкт-Петербург, 2001. <http://asf.ur.ru/VNKSF/Tezis/v7>.
4. Патент №2189883 РФ, МКИ 7 В 21 J 5/00, 13/02, С 21 D 7/02. Способ пластического структурообразования металлов при интенсивной пластической деформации и устройство для его осуществления.