

## СПОСОБ ПЛАСТИЧЕСКОГО СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ

© 2012 Ф. В. Гречников, И. П. Попов, Е. Г. Демьяненко

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

С целью устранения недостатков известных способов структурообразования высокопрочных материалов предлагается получение нанокристаллической структуры металла за счет повышения степени деформации путем использования более совершенного устройства.

*Структура, способ, устройство, осадка, выдавливание.*

В настоящее время в обработке металлов давлением применяют ряд способов структурообразования высокопрочных материалов. Но им присущи недостатки. Так, деформирование происходящее с сохранением формы, размеров заготовки и изменением направления выдавливания и осадки на противоположные, позволяет использовать заготовки исключительно небольших размеров, поскольку диаметр выдавленной части не должен превышать 2,5 диаметра рабочего пояса матрицы [1]. При этом возникаемые степени деформации за один цикл сравнительно малы, как и в другом способе пластического структурообразования металлических заготовок методом объемной штамповки [2], который включает: закрытую осадку и последовательно обратное и прямое выдавливание путем перемещения периферийной части заготовки во внутреннюю ее часть и обратно. Процесс повторяется заново до необходимого числа циклов с сохранением формы и размеров заготовки, после каждого цикла необходимо переворачивать заготовку на  $180^\circ$ .

С целью устранения имеющихся недостатков, сокращения времени операции предлагается способ получения нанокристаллической структуры металла за счет повышения степени деформации путем использования более совершенного устройства.

Устройство (рис. 1) содержит неподвижный сплошной пуансон 1, полый подвижный пуансон 2, который жестко соединен с подвижным контейнером 3,

бандажированным втулкой 4, подвижную круглую плиту 6, на которую устанавливают заготовку 5. В полый пуансон 2 вставлен сплошной пуансон 1. Работа устройства осуществляется следующим образом.

В начальном положении цикла круглая плита 6 отводится от контейнера 3 на величину  $\Delta l_\delta$ , которая на 10-15 % больше высоты  $h_3$  заготовки 5. Плиту 6 вместе с цилиндрической заготовкой диаметром  $D$  с минусовым допуском вводят в контейнер 3, плотно прижимая усилием  $P_0$  к торцам пуансонов 1, 2, которые находятся на одном уровне. На следующей стадии цикла производят выдавливание сплошного стержня за счет перемещения смещенного объема периферийной части в виде полого цилиндра в цилиндрическую часть полым пуансоном 2 вместе с контейнером 3 на величину  $\Delta l_{mn}$  со скоростью  $U_{mn}$ . За выдавливание принято увеличение размеров заготовки вдоль оси. Смещенный объем периферийной части заготовки перемещают в цилиндрическую часть заготовки на величину  $\Delta l_{\delta n}$  со скоростью  $U_{\delta n}$ . Соотношение между скоростями перемещения находится из условия равенства смещенных объемов:

$$V_{mn} = V_{\delta n}, \quad (1)$$

где  $V_{mn}$  - смещенный объем периферийной части заготовки в виде полого цилиндра, вытесненный полым пуансоном;

$V_{\delta n}$  - смещенный объем цилиндрической части заготовки, перемещенный к поверхности плиты.

Из геометрических соотношений имеем:

$$V_{mn} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot \Delta l_{mn}, \quad (2)$$

$$V_{\delta n} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \Delta l_{\delta n}, \quad (3)$$

где  $D$  и  $d$  - диаметры круглой плиты пуансона соответственно,

$\Delta l_{\delta n}$ ,  $\Delta l_{mn}$  - расстояние между торцами соответственно круглой плиты и полого пуансона на рассматриваемой стадии.

Приравняв 2 и 3, получим:

$$\Delta l_{\delta n} = \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^2 \right] \Delta l_{mn}. \quad (4)$$

Разделив обе части равенства (4) на время стадии получим соотношение скоростей смещенных объемов:

$$U_{\delta n} = \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^2 \right] U_{mn}, \quad (5)$$

где  $U_{mn}$  - скорость перемещения смещенного объема периферийной части заготовки в виде полосы цилиндра;

$U_{\delta n}$  - скорость перемещения смещенного объема цилиндрической части заготовки.

Кроме соотношения скоростей, необходимо выполнить и соотношение между усилием, приложенным к пуансону 2 и плите 6 (рис. 2):

$$P_3 = P_1 + P_2, \quad (6)$$

где  $P_1$  - усилие выдавливания, приложенное к плите 6;

$P_2$  - усилие, приложенное к пуансону 1;

$P_3$  - усилие, приложенное к пуансону 2.

На следующей стадии производят прямое выдавливание из заготовки со стержнем, перемещая смещенные объемы из цилиндрической части в периферийную, двигая пуансон 2 и круглую плиту 6 вверх

до совпадения торцев пуансонов 1 и 2 с соблюдением соотношения между скоростями (5).

На каждой стадии усилия меняются из-за изменения кинематики течения и упрочнения металла. Далее происходит выдавливание полого стакана с сохранением направления и соотношения скоростей перемещения (5) смещенных объемов, пуансона 2 и круглой плиты 6 предыдущей стадии (рис.3) и выполнением равенства усилий:

$$P_4 = P_5 + P_6,$$

где  $P_4$  - усилие выдавливания, приложенное к плите 6;

$P_5$  - усилие, приложенное к пуансону 1;

$P_6$  - усилие, приложенное со стороны пуансона 2.

На последней стадии производят осадку цилиндрической части заготовки в виде стакана, меняют направление скоростей перемещения смещенных объемов полого пуансона 2 и круглой плиты 6, сохранив соотношения скоростей между ними согласно (5).

На этом первый цикл обработки заканчивается. Заготовка 5 выталкивается из контейнера 3. Для этого круглая плита 6 удаляется из контейнера 3 на величину  $\Delta l_{\delta}$ , контейнер перемещается на расстояние  $l_0$ , и пуансоном 1 заготовка 3 выталкивается и падает на круглую плиту 6. Затем заготовку переворачивают на  $180^\circ$ , и цикл повторяется (рис. 1).

Для того, чтобы процесс был стабильным, перемещения и скорости полого пуансона 2 и круглой плиты 6 вверх и вниз относительно исходного положения были одинаковы, необходимо равенство объемов выдавленного стержня  $V_1$  и стенок стакана  $V_2$ :

$$V_1 = V_2.$$

Из геометрии видно:

$$\frac{\pi d^2}{4} \Delta l_{mn} = \pi \frac{(D^2 - d^2)}{4} \Delta l_{mn},$$

отсюда  $D = \sqrt{2}d$ .

Полученное соотношение диаметров круглой плиты (6) и пуансона (1) определяет и соотношение скоростного перемещения

смещенных объемов. Подставив  $D = \sqrt{2}d$  в (5), получаем:

$$U_{\delta n} = 0,5 U_{nn} \quad (7)$$

На стадиях процесса по боковой поверхности заготовки, касающейся с рабочей поверхностью инструмента, создают активные силы трения, направленные в сторону движения смещенного объема металла.

При осадке из заготовки со стержнем активные силы трения создают в направлении движения смещенного объема металла из цилиндрической в периферийную часть.

На стадии выдавливания стакана обеспечивают те же условия, как и на предшествующей стадии, что сохраняет направление действия активных сил трения.

На стадии осадки из заготовки в виде стакана меняют направление движения смещенного объема металла из периферийной части заготовки в цилиндрическую. Активные силы трения на боковой поверхности создаются благодаря более быстрому перемещению контейнера 3 по сравнению с движением металла в том же направлении.

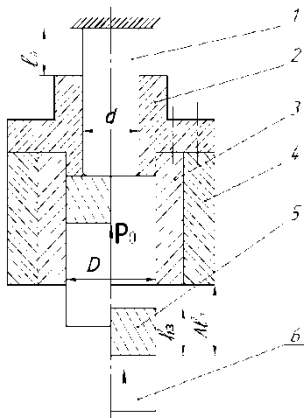


Рис. 1. Схема устройства для реализации способа в исходном положении

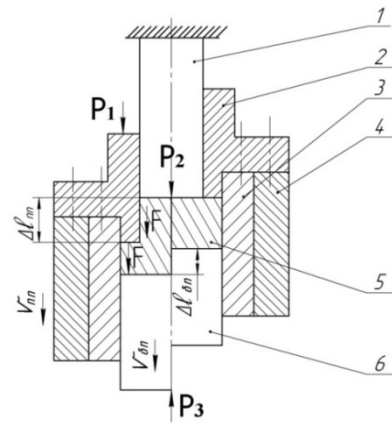


Рис. 2. Схема устройства для реализации способа в промежуточном положении

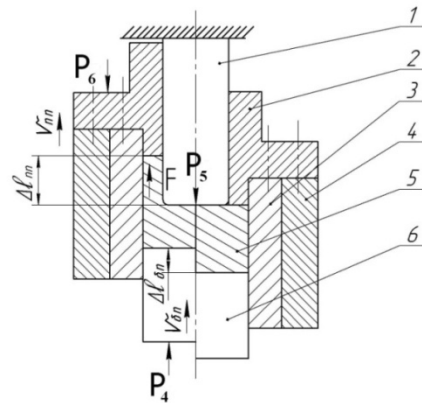


Рис. 3. Схема устройства для реализации способа на заключительной стадии

Таким образом, предложенный способ структурообразования позволяет в автоматическом режиме производить обработку металла, используя процессы осадки и выдавливания на гидропрессе с активными силами трения.

#### Библиографический список

1. Пат. 2116155 Российская Федерация, МКИ В21Д7/13, С21Д7/13. Способ пластического структурообразования высокопрочных материалов [Текст]/ В.М. Грешнов, О.В.Голубев, заявка 97106284/02, опубл. 27.07.1998, Бюл. 21.
2. Пат. 2189883 Российская Федерация, МКИ В21j5/00, В21j13/02. Способ пластического структурообразования металлов при интенсивной пластической деформации и устройство для его осуществления [Текст]/В.Г. Шибиков, С.Н. Гончаров, М.В. Мухин, заявка 2001105055/02, опубл. 27.09.2002.

## METHOD OF PLASTIC STRUCTURE FORMATION

© 2012 F. V. Grechnikov, I. P. Popov, E. G. Demyanenko

Samara State Aerospace University  
named after Academician S.P. Korolyov (National Research University)

With aim to eliminate the drawbacks of certain methods of structure formation of high strength materials it is suggested to obtain nanocrystal structure at the expense of increasing strain ratio by application of more up-to-date equipment.

*Buckling, extrusion, structure, method, equipment.*

### Информация об авторах

**Гречников Федор Васильевич**, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой обработки металлов давлением, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: [gretch@ssau.ru](mailto:gretch@ssau.ru). Область научных интересов: деформирование анизотропных материалов.

**Попов Игорь Петрович**, доктор технических наук, профессор кафедры обработки металлов давлением, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: [igr\\_popov@mail.ru](mailto:igr_popov@mail.ru). Область научных интересов: формообразование деталей сложной формы из листовых заготовок, полученных в процессах металлургического производства с использованием слабых импульсных токов.

**Демьяненко Елена Геннадьевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры обработки металлов давлением, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: [e-dem@mail.ru](mailto:e-dem@mail.ru). Область научных интересов: формообразование тонкостенных деталей сложной формы.

**Grechnikov Fedor Vasilievich**, Corresponding member of RAS, Doctor of Engineering, Professor, Head of Metal Forming Department, Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: [gretch@ssau.ru](mailto:gretch@ssau.ru). Area of research: anisotropic materials deforming.

**Popov Igor Petrovich**, Doctor of Engineering, Professor of Metal Forming Department, Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: [igr\\_popov@mail.ru](mailto:igr_popov@mail.ru). Area of research: forming of complex shape parts from sheets, produced with influence of weak pulse currents.

**Demyanenko Elena Gennadievna**, Ph.D., Docent of Metal Forming Department, Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: [e-dem@mail.ru](mailto:e-dem@mail.ru). Area of research: forming of thin-walled complex shape parts.