

отжига при условии, что предшествующая интенсивность деформирования не превысила критического уровня, при котором начинаются необратимые структурные повреждения. В противном случае происходит снижение прочности шва.

В результате проведенной работы установлено, что оптимальные значения наиболее важных параметров термомеханической обработки, влияющие на структуру и физико-механические свойства различных участков сварной трубы, находятся в следующих диапазонах:

степень деформации по толщине сварной трубы при ее многократном деформировании способом ротационной вытяжки на первом деформационном переходе должна быть 20...30 %, а на последующих – не более 50 % для 36НХТЮ и 60 % для Бр.Б2;

диаметр шариков деформирующей матрицы при ротационной вытяжке сварных тонкостенных (с толщиной стенки не более 0,4 мм) труб не должен превышать  $(25-30)\Delta s$ , где  $\Delta s = s_z - s_T$  – разница толщин заготовки и обработанной трубы;

режимы последующей разупрочняющей термообработки должны быть следующими:  $T = (940 \pm 10)^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 10$  мин – для 36НХТЮ и  $T = (720 \pm 10)^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 10$  мин – для Бр. Б2.

Изготовление экспериментальных партий сильфонов  $20 \times 10 \times 0,08$ -36НХТЮ,  $38 \times 6 \times 0,08$ -36НХТЮ и  $38 \times 8 \times 0,12$ -Бр.Б2 показало, что применение предложенных режимов позволяет практически полностью исключить брак по разрушению сварного шва, который не превысил в указанных партиях 2 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добровольский И.Г., Степаненко А.В., Шиманович И.М., Шляховой В.С. Оценка технологической пластичности сильфонных трубок-заготовок // Весці Акадэміі навук БССР. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 1988. – № 2. 2. Zvierkov G.I., Dobrowolski I.G., Šliachovoj V.S., Chochlov I.I. Ocena oraz prognozowanie wytrzymałości zmczeniowej rur i sylfonow metoda emisji akustycznej // Rudy i metale nieżelazne. – 1988. – R. 33, nr. 9.

УДК 621.762.4:621.774.38

Е.Б. ЛОЖЕЧНИКОВ, д-р техн. наук, А.В. ТОЛСТИК,  
С.В. ВОРОНОВ, кандидаты техн. наук (БПИ),  
В.Г. ДЖАНГИРЯН, канд. техн. наук (НИИПХ, Загорск),  
В.Б. ГРОМОВ, Г.И. СИКАВИН, Ю.Л. ЯСИНСКИЙ (БПИ)

#### ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ ЗАГОТОВОК ИЗ ПОРОШКА

Выдавливание осуществляется обычно такими способами, при которых происходит существенное уменьшение площади поперечного сечения исходной заготовки. Однако если при обработке компактных (литых) металлов это

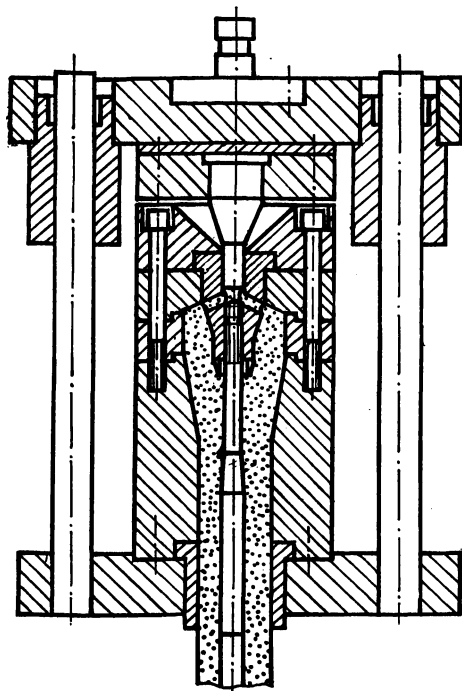


Рис. 1. Пресс-форма для выдавливания труб из порошка с переходом из контейнера в матрицу через расходящиеся каналы

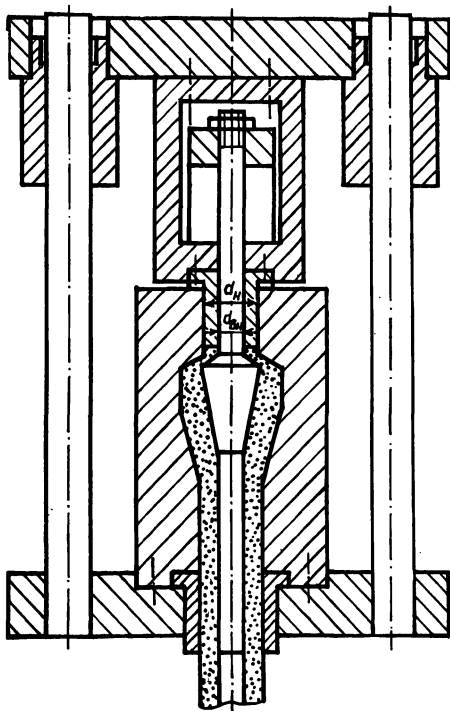


Рис. 2. Пресс-форма для выдавливания труб из порошка с переходом из контейнера в матрицу через кольцевой зазор

обусловлено необходимостью получения длинномерных заготовок, формирования их структуры и свойств, то при выдавливании заготовок из порошка деформация с уменьшением сечения не обязательна. Особенности физических условий деформирования и уплотнения порошка, природы его прочности позволяют осуществлять выдавливание из него заготовок при незначительном обжатии и даже без обжатия. Это приводит к уменьшению мощности пресса и габаритов технологической оснастки.

Поскольку при малом обжатии, а следовательно, и малом объеме контейнера за один цикл выдавливания получить длинномерную заготовку невозможно, процесс осуществляется за несколько повторяющихся циклов — загрузка порошка в контейнер на пресс-остаток и его выдавливание. Прочность стыков между порциями уплотненного порошка при этом значительно ниже прочности основной части заготовки.

Повысить прочность стыков позволяет использование пуансонов с рифленной торцевой поверхностью или с торцевой поверхностью, покрытой полиуретаном [1], что объясняется увеличением площади поверхности стыка в первом случае и лучшим сцеплением порошка во втором. Однако вследствие того, что первоначальная площадь поверхностей стыков уменьшается, прочность их остается значительно меньше прочности заготовки. В то же время наи-

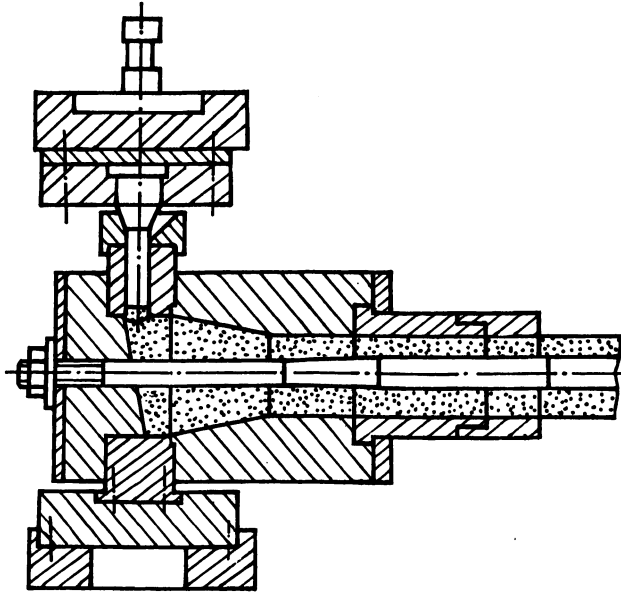


Рис. 3. Пресс-форма для выдавливания стержней и труб под углом к движению пуансона

большая прочность сцепления твердых тел достигается при таком их совместном деформировании, которое приводит к росту площади поверхностей их контакта. Исходя из этого, разработаны способы и технологическая оснастка для выдавливания заготовок из порошка, в которых сочетаются как обжатие с уплотнением, так и раздача материала [ 2, 3 ].

На рис. 1 показана пресс-форма, в которой материал предварительно уплотняется в контейнере диаметром 15 мм, затем выдавливается через четыре расходящихся канала диаметром 9 мм в полость диаметром 70 мм и далее обжимается в трубную заготовку с наружным диаметром 50 мм, внутренним — от 20 до 40 мм в зависимости от диаметра оправочного стержня. Из порошков железа ПЖ4М3 и твердого сплава ВК15 с парафином (6 % по массе) на гидравлическом и кривошипном прессах получены таким способом заготовки с относительной плотностью 0,94...0,96. Усилие выдавливания составляло 95 кН.

Неравномерностей плотности или каких-либо дефектов в заготовках как до спекания, так и после спекания не наблюдалось.

При выдавливании порошков с меньшим (4 %) содержанием парафина усилие возрастало до 180 кН. При этом на поверхности заготовок с отверстием диаметром 20 мм сохранялись следы выдавленных в полость матрицы стержней. Относительная плотность заготовок составляла 0,92...0,94.

На рис. 2 показана пресс-форма с пуансоном в виде втулки ( $d_n = 30$  мм,  $d_{вн} = 20$  мм), посаженной на оправочный стержень, который закреплен на неподвижной траверсе. Порошок уплотняется в контейнере и продавливается в кольцевой зазор между рассекателем, закрепленным на оправочном стержне,

и матрицей. Далее происходит обжатие порошка с формированием трубы тех же размеров, что и в предыдущей пресс-форме.

Усилие выдавливания составляло 145 кН, относительная плотность — 0,94...0,97. Никаких дефектов и уменьшения прочности стыков в заготовках не наблюдалось.

В показанной на рис. 3 пресс-форме пуансоном диаметром 15 мм выдавливали стержни и трубы диаметром 50 мм с отверстиями 20 и 30 мм. Диаметр полости матрицы, как и в предыдущих конструкциях, — 70 мм.

Усилие выдавливания трубных заготовок — 115 кН, относительная плотность — 0,94...0,97, стержней — соответственно 90 кН и 0,92...0,94. При засыпке порошка другого цвета установлено, что поверхность стыка между порциями подаваемого в контейнер порошка распределяется по сечению заготовки, образуя угол с ее осью, равный приблизительно 15 ... 17°. Никаких дефектов в выдавленных заготовках не обнаружено.

Разработанные способы и конструкции пресс-форм используются в массовом производстве изделий из пластифицированных порошковых композиций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степаненко А.В., Исаевич Л.А., Веремейчик А.А. Непрерывное формирование труб из металлических порошков // Порошковая металлургия. — 1983. — № 11.
2. А. с. 1344515 (СССР). Устройство для формирования труб из порошковых материалов / Е.Б. Ложечников, С.В. Воронов, А.В. Толстик и др. З. А. с. 1404176 (СССР). Устройство для дискретно-непрерывного формирования труб из порошков / В.Б. Громов, Е.Б. Ложечников, С.В. Воронов и др.

УДК 621.762.4.001

Л.А. ИСАЕВИЧ, д-р техн. наук,  
С.В. ЖИЛКИН, канд. техн. наук (БПИ)

### РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛАСТИЧНОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ КВАЗИИЗОСТАТИЧЕСКОМ ПРЕССОВАНИИ ПОРОШКОВ

Широкое распространение в практике порошковой металлургии получил метод прессования порошков в эластичных оболочках, помещенных в жесткую пресс-форму. Как отмечается в работе [1], для устранения искажения формы боковой поверхности прессуемых изделий наиболее рационально применение оболочек с наружной компенсационной полостью (рис. 1). При разработке технологии квазиизостатического прессования необходимо правильный расчет геометрических параметров таких оболочек.

Значения параметров  $d_{\text{вн}}$ ,  $h$  внутренней (рабочей) полости эластичной оболочки рассчитываются в зависимости от требуемых размеров  $d_k$ ,  $h_k$  и плотности  $\rho_k$  формируемого изделия. Высота внутренней полости и, следовательно, высота всей оболочки определяются исходя из закона сохранения массы порошка в очаге деформации:

$$h = h_k \frac{\rho_k d_k^2}{\rho_{\text{н}} d_{\text{вн}}^2} \quad (1)$$