PACS: 81.40.-z, 83.50.Ax

Н.В. Шепельский, В.В. Свяцкий

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ МАТРИЧНОЙ ВОРОНКИ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ

Кировоградский государственный технический университет
25006, г. Кировоград, пр. Правды, 70а

На основании анализа поля линий скольжения установившейся стадии прессования через симметричную одноочковую матрицу предложено использовать профиль матричной воронки, выполненный по линии скольжения, разделяющей упругую и пластическую зоны.

Оптимизация технологических параметров процессов прессования металлов с целью получения изделий с минимальными энергосиловыми параметрами представляет большой научный и практический интерес.

Напряженное и деформированное состояния металла и размеры очага деформации при прессовании существенно зависят от конструкции инструмента и, в частности, от формы матричной воронки [1,2]. В большинстве случаев при прессовании применяют матрицы, форма которых соответствует усеченному конусу с углом образующей к оси симметрии α от 45 до 60°. Однако матричные воронки, выполненные по конусу, не обеспечивают оптимальные энергосиловые показатели прессования.

Кроме конических в практике металлообработки давлением применяются и другие профили матричных воронок. Вогнутый профиль, построенный по циклоиде с радиусом $R_{\text{ц}}$, обусловлен условием наибольшей равномерности пластического течения металла в матричной воронке [3]. Образующая матрицы, построенная по циклоиде, обеспечивает наименьшее время нахождения периферийных слоев металла в очаге деформации, что, в свою очередь, приводит и к минимальной неоднородности металла по поперечному сечению пресс-изделия. Радиус циклоиды $R_{\text{ц}}$ определяется по формуле

$$R_{\text{ц}} = \frac{R_0 - R}{1.741}, \tag{1}$$

где R_0, R – радиусы соответственно контейнера и очка матрицы.

Выпуклый профиль, построенный по экспоненте, аргументирован в работе [1] условием постоянства логарифмической деформации λ_z на единицу высоты матричной воронки:

$$R_z = R_0 \exp\left(-0.5\lambda \frac{z}{h}\right), \tag{2}$$

где h – высота матричной воронки; R_z – радиус воронки на расстоянии z от ее начала.

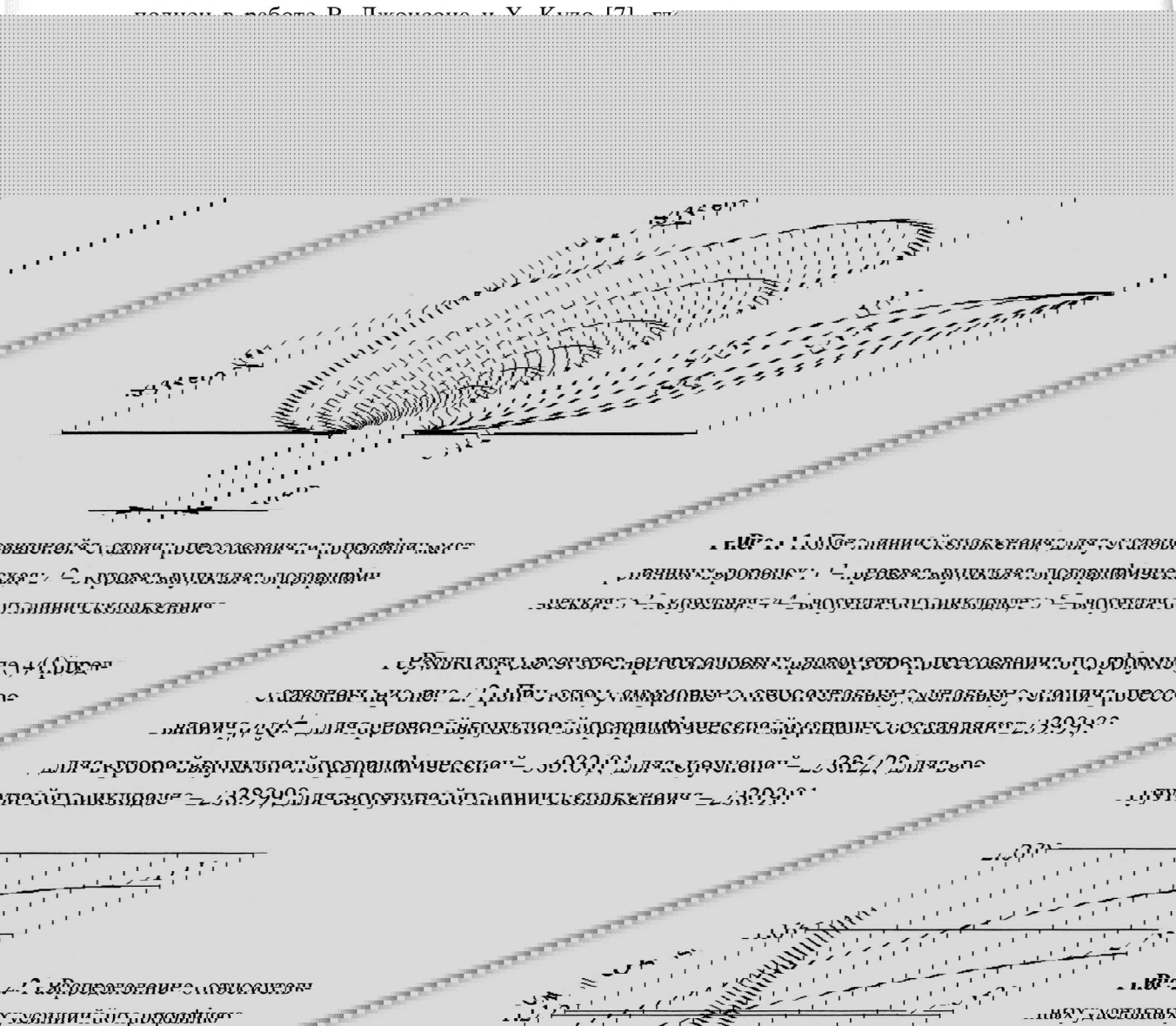
Выпуклый профиль, предложенный в работе [4], обоснован условием обеспе-

чения постоянства усредненной скорости деформации по высоте матричной воронки:

$$R_z = R_0\left(1 + \frac{R_0^2 - R^2}{R^2 h} z\right)^{-0.5}. \qquad (3)$$

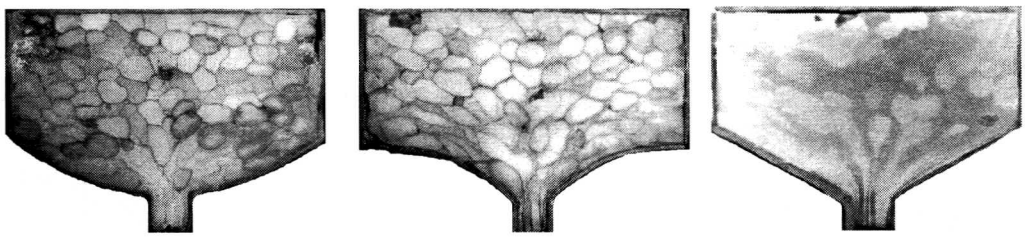
При прессовании цветных металлов и сплавов через прямоугольную матрицу ($\alpha = 90°$) было обнаружено [5], что в контейнере образуются «заторможенные» зоны металла, которые формируют «естественную» матричную воронку, близкую по форме к сфере. Р. Хилл [6] теоретически обосновал, что границы, разделяющие упругие и пластические зоны, являются линиями скольжения или их огибающими. При этом форма этой границы, по данным исследований А.И. Батурина [5], существенно не зависит от степени деформации, скорости прессования, температуры заготовки и природы сплава.

Таким образом, до сих пор не существует единой точки зрения о влиянии геометрии очага деформации на энергосиловые параметры процесса прессования металлов. Нами проведено исследование по определению профиля матричной воронки на основании анализа поля линий скольжения установившейся стадии прессования через симметричную одноочковую матрицу. Подобный подход вы-



ном случае различна. При $\mu = 4$ ($R_к/R_0 = 2$) она будет наклонена к оси симметрии под углом 45°, и в этом случае криволинейный профиль матрицы преобразуется в конусный. В то же время циклоидный профиль, согласно Ю.П. Глебову [3], строится через две узловые точки: первая – точка острой кромки очка матрицы, вторая – точка сопряжения профиля матрицы и контейнера, ордината которой равна высоте конусной матрицы. Следовательно, для различных степеней вытяжки профиль циклоидной матрицы будет всегда криволинейным, что ведет к неуправляемости энергосиловыми характеристиками процесса прессования.

Экспериментальная проверка теоретических положений проводилась нами при прессовании дискретных тел (гранул). Особенности характера течения гранул, наличие межгранулярного контактного трения дают возможность более убедительно показать распределение результирующих деформаций в очаге прессования. Для этого использовали следующие типы матриц: матрицу с профилем, построенным по линии скольжения, отделяющей упругие зоны от пластических; выпуклую логарифмическую, построенную согласно зависимости (2) и имеющую из двух выпуклых воронок наименьшие энергосиловые характеристики прессования; а также конусную. Общий вид пресс-остатков для каждого типа матриц приведен на рис. 3.



а *б* *в*

Рис. 3. Образцы пресс-остатков, полученные при прессовании литых гранул через вогнутую (*а*), выпуклую (*б*) и коническую (*в*) матричные воронки

Результаты исследования кинетики течения дискретной среды (гранул) показали (рис. 3), что форма матричной воронки существенно влияет на размеры очага деформации и распределение результирующих деформаций в выпрессовке. Из анализа деформаций гранул следует, что для вогнутой воронки, построенной по линии скольжения, характерно искривление осесимметричных частиц в направлении деформации. Эти искривления уменьшаются по мере движения гранул к оси симметрии матрицы (рис. 3,*а*). Отмечено, что для выпуклой воронки (рис. 3,*б*) протяженность очага деформации наибольшая; для конической (рис. 3,*в*) течение металла близко к радиальному в направлении усеченного конуса.

Таким образом, результаты теоретических и экспериментальных исследований показали, что оптимальные энергосиловые условия достигаются при прессовании через матрицу, имеющую профиль, выполненный по линии скольжения.

1. *И.А. Норицын, И.Л. Акаро, А.А. Перфилов*, КШП № 12, 1 (1971).
2. *Ю.С. Сафаров, В.И. Геращенко*, КШП № 12, 8 (1971).
3. *Ю.П. Глебов, И.М. Перлин*, Изв. вузов. Цветная металлургия № 2, 27 (1961).
4. *И.А. Норицын*, в сб. МАМИ: Процессы штамповки и их технологические параметры, Машгиз, Москва (1959), с. 117–127.

5. *А.И. Батурин*, КШП № 1, 6 (1970).
6. *Р. Хилл*, Математическая теория пластичности, Гостехтеоретиздат, Москва (1956).
7. *В. Джонсон, Х. Кудо*, Механика процесса выдавливания металла, Металлургия, Москва (1965).
8. *Л.Г. Степанский*, КШП № 2, 1 (1967).

N.V. Shepel'sky, V.V. Svyatsky

SELECTION OF THE RATIONAL GEOMETRY OF DIE FUNNEL USED FOR PRESSING

On the basis of the analysis of the field of lines of sliding of the established stage of pressing through the single-hole symmetric die it is offered to use a structure of a die funnel executed on a line of sliding dividing elastic and plastic zones.