

УДК 621.774

Алиева Л. И.  
Чучин О. В.  
Бондарева Е. Н.  
Жбанков Я. Г.

## НОВЫЕ СПОСОБЫ ВЫДАВЛИВАНИЯ ДЛЯ БЕЗОТХОДНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ВТУЛОК И КОЛЕЦ

Детали типа втулка и кольцо широко применяются практически во всех отраслях промышленности. Способы получения таких деталей различны: порезка трубы нужного диаметра на заготовки; отрезка заготовки от трубы, обтачивание и растачивание; холодное выдавливание стакана и последующая пробивка дна; прямое выдавливание трубчатых заготовок [1–6]. Главные недостатки таких способов являются: цена трубы выше, чем круглого проката; большой расход металла, низкая производительность и высокая трудоемкость. Для уменьшения отходов при получении втулок и колец применяются схемы выдавливания, совмещающие формообразование и отделение детали от многоштучной заготовки [7–10].

Целью данной работы является рассмотрение безотходных способов получения деталей втулка и кольцо, определение влияния геометрических параметров на приведенное усилие процесса сквозной прошивки методом верхней оценки.

Втулки радиально-прямым выдавливанием получают следующим образом: заготовку 3 устанавливают в матрицу 2 и выдавливают стакан. В начальный момент металл течет радиально, дойдя до вертикальной стенки матрицы, металл начинает разворачиваться на  $90^\circ$  и течь вниз. Для отделения детали нужной длины матрица 2 одновременно с противоположной 5' опускается вниз, тем самым отрезая втулку 4. Затем весь инструмент возвращается в первоначальное положение. При этом стенки втулки 4 полностью разворачиваются и движутся вниз следующей деталью. Процесс продолжается циклически до полного исчерпания объема многоштучной заготовки (рис. 1, а).

Заготовка 3 устанавливается в матрицу 2 (рис. 1, б). Регулируя вертикальное положение оправки 6, выставляют зазор между оправкой и матрицей нужной величины для выдавливания полой детали с нужной толщиной стенки. Пуансоном 1 производится выдавливание металла заготовки в полость, образованную между оправкой и матрицей, причем диаметры оправки и матрицы равны между собой. В начальной стадии процесса металл течет радиально в горизонтальной плоскости, а после достижения угловой зоны изменяет направления течения на  $90^\circ$  и дальше течет параллельно оси симметрии вдоль внутренней поверхности матрицы. При достижении нужной величины хода пуансона и перемещении необходимого объема металла в полость, образованную между матрицей и оправкой, деталь 4 в виде втулки отделяют от многоштучной заготовки, путем сдвига вниз оправки, относительно матрицы. Отрезка производится взаимодействием кромок оправки и матрицы. После отделения деталь снимается с оправки, и оправка возвращается в исходное положение. При возвращении оправки в исходное положение пуансон продолжает перемещение вниз, выдавливая металл заготовки для оформления следующей детали.

На рис. 1, в представлена схема малоотходного выдавливания колец. Заготовка 3 помещается в матрицу 2. Пуансон 1 радиально выдавливает металл в полость, образованную матрицами 2 и 2'. Для отрезания детали 4 от многоштучной заготовки пуансон и противоположный 5 одновременно опускаются вниз. После отделения детали от заготовки инструмент возвращается в первоначальное положение и процесс продолжается.

Суть процесса холодной сквозной прошивки заключается в следующем: в контейнер помещают несколько заготовок, верхнюю 3 прошивают пуансоном 1 насквозь, оставляя наметку в следующей заготовке 3', и из верхней заготовки вытеканием металла в зазор между пуансоном и матрицей 2 получают готовую втулку 4. Готовую деталь вынимают и подкладывают следующую заготовку вниз. Таким образом происходит прошивка заготовок без образования перемычки, что существенно увеличивает коэффициент использования металла (рис. 1, г).

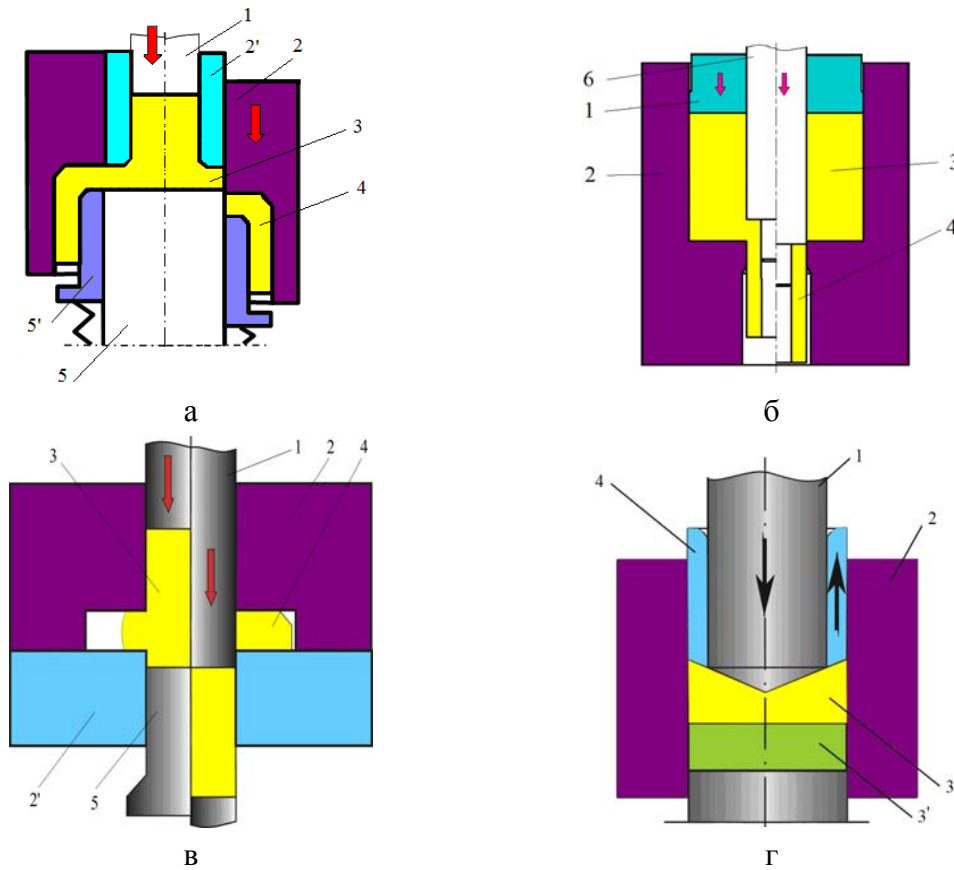


Рис. 1. Схемы малоотходного получения втулок и колец:

а – радиально-прямое выдавливание; б – радиально-прямое выдавливание из трубчатой заготовки; в – радиальное выдавливание с прошивкой; г – сквозная прошивка; 1, 1' – пуансон; 2, 2' – матрица; 3, 3' – заготовка; 4 – деталь; 5, 5' – противополоуансон; 6 – оправка

Сквозная прошивка мало изучена, чем и вызывает значительный интерес. Для исследования удельного усилия процесса используем метод верхней оценки. Разбивка очага деформации происходила с помощью одного и двух жестких блоков (рис. 2).

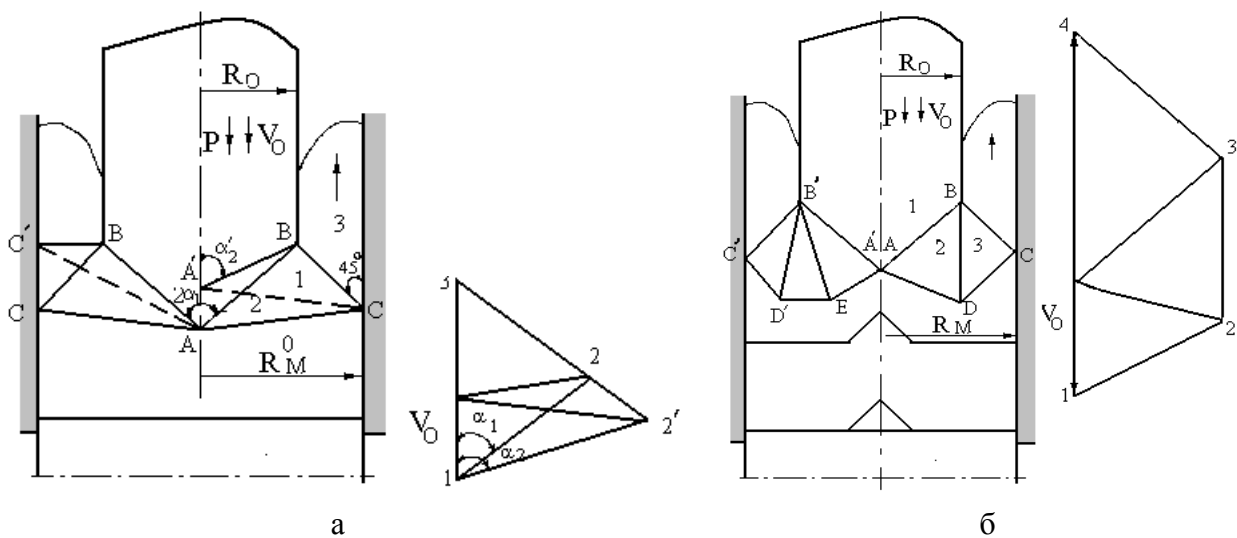


Рис. 2. Схемы разбивки очага деформации и годограф скоростей при сквозной прошивке:

а – при разбивке с помощью одного жесткого блока; б – при разбивке с помощью двух жестких блоков

Для расчета безразмерного удельного усилия при плоской деформации жесткопластического тела используют формулу равенства мощности внешних и внутренних сил:

$$\bar{p} = \frac{P}{2k} = \frac{\sum l_{ij} U_{ij} + 2\mu \sum l_{ik} U_{ik}}{2bU_0}, \quad (1)$$

где  $k$  – пластическая постоянная материала;  $U_0$  – скорость движения пуансона ( $U_0 = const$ );  $b$  – ширина пуансона ( $b = 2r$ );  $l_{ij}$  – длины границ в плоскости деформации;  $U_{ij}$  – скорости относительного перемещения жестких элементов;  $\mu$  – коэффициент трения ( $0 \leq \mu \leq 0,5$ ).

Величины  $l_{ij}$  и  $U_{ij}$  определяются из принятого разрывного поля скоростей и соответствующего ему годографа скоростей с использованием геометрических параметров инструмента (рис. 2).

Расчетная схема процесса, кинематически возможное поле с одним треугольником, годограф скоростей представлены на рис. 2. Величины  $l_{ij}$  и  $U_{ij}$  определены из подобия треугольников:

$$\triangle ABC \sim \triangle O12;$$

$$\triangle BCD \sim \triangle O23.$$

Принято, что  $U_0 = 1$ . Величина  $\lambda$  определена как:

$$\lambda = \frac{R-r}{R} = 1 - \varepsilon, \quad (2)$$

где  $R$  – радиус опорного пуансона;  $r$  – радиус деформирующего пуансона;  $\varepsilon$  – обжатие.

После подстановки значений  $l_{ij} U_{ij}$  в формулу (1) и преобразований получим выражение для расчета удельных (относительных) сил деформирования при плоской закрытой прошивке:

$$P = \frac{2\mu(1-\lambda) + 1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos^2 \alpha - \lambda(1-\lambda) \sin 2\alpha + 2\lambda \sin^2 \alpha}{2\lambda(1-\lambda) \sin \alpha (\cos \alpha + \sin \alpha)}, \quad (3)$$

$$P = \frac{1 + \lambda^2 + 2\mu(1-\lambda) - 2\lambda \cos 2\alpha - \lambda(1-\lambda) \sin 2\alpha}{\lambda(1-\lambda)(1 - \cos 2\alpha + \sin 2\alpha)},$$

где  $2\alpha$  – угол конусного торца пуансона.

Для выполнения анализа формулы (3) были выполнены расчеты, которые позволяют определить значения удельных усилий в зависимости от основных геометрических параметров процесса: степени деформации или коэффициента обжатия  $R/r$ , угла конуса пуансона  $\alpha$ , коэффициента трения  $\mu$ .

Как видно из графиков (рис. 3–8) характер изменения кривых слабо зависит от угла конуса пуансона. Чем меньше угол конуса  $\alpha$ , тем меньше удельное усилие деформирования, что, по-видимому, справедливо для небольших значений коэффициента трения  $\mu$ . Чем выше значение обжатия (степень деформации), тем резче увеличивается усилие выдавливания, особенно при значениях  $\varepsilon \leq 0,7$  или при  $\frac{R}{r} \leq 1,3$ . В тоже время для каждого угла  $\alpha$  имеется значения  $\varepsilon$ , показывающие минимум усилия, что характерно для обратного выдавливания.

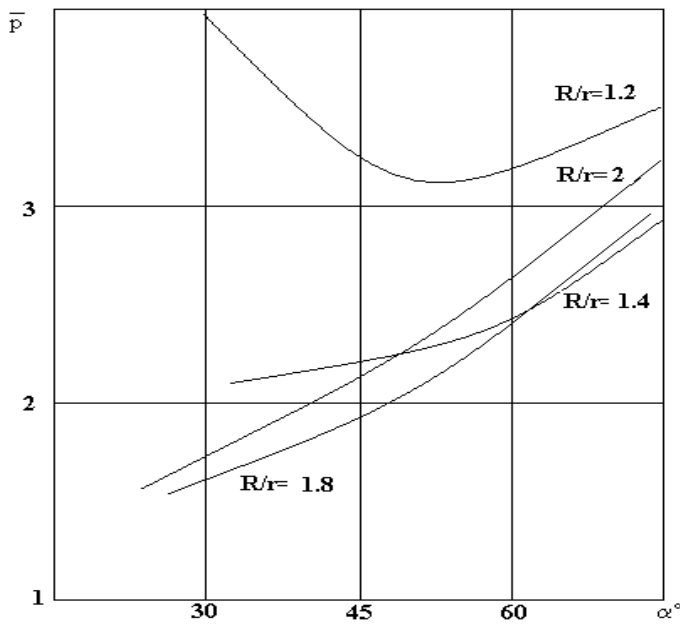


Рис. 3. Графики зависимости приведенного давления деформирования от заходного угла пуансона

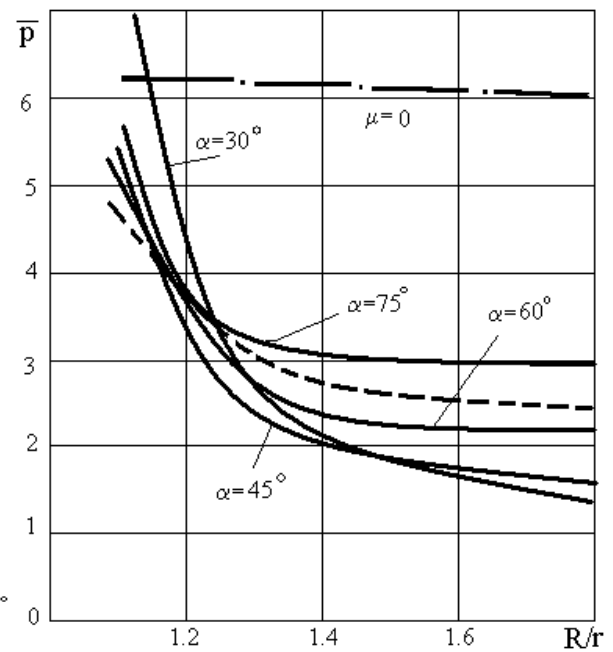


Рис. 4. Графики зависимости приведенного давления деформирования от соотношения R/r

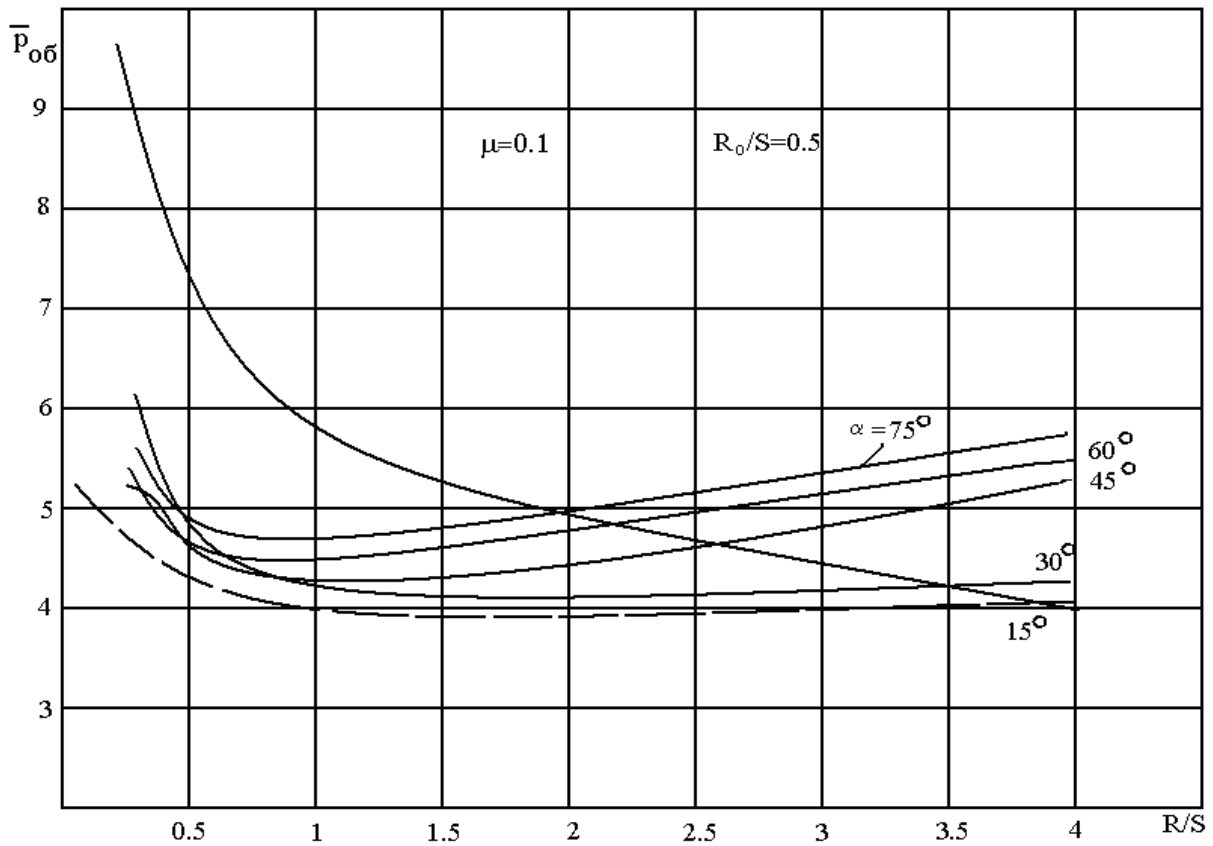


Рис. 5. График зависимости приведенного давления деформирования от соотношения R/S

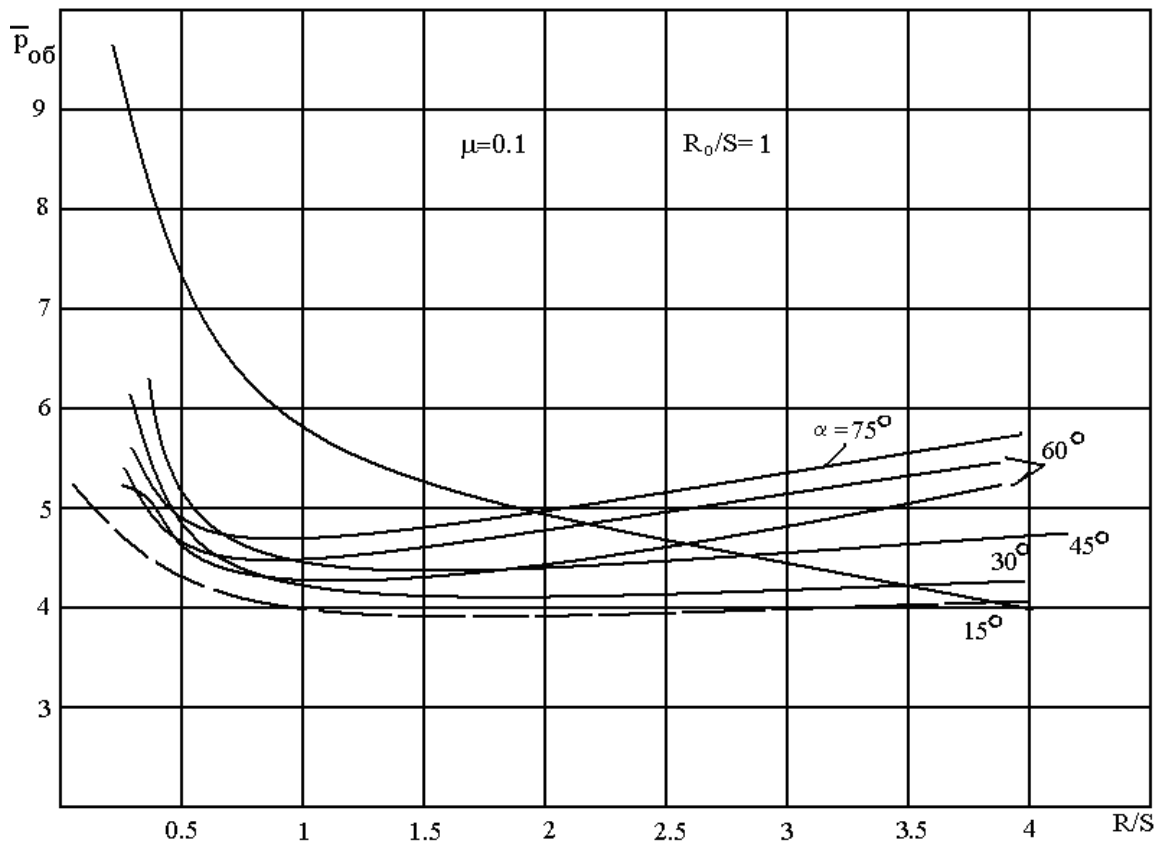


Рис. 6. График зависимости приведенного давления прошивки от соотношения  $R/S$

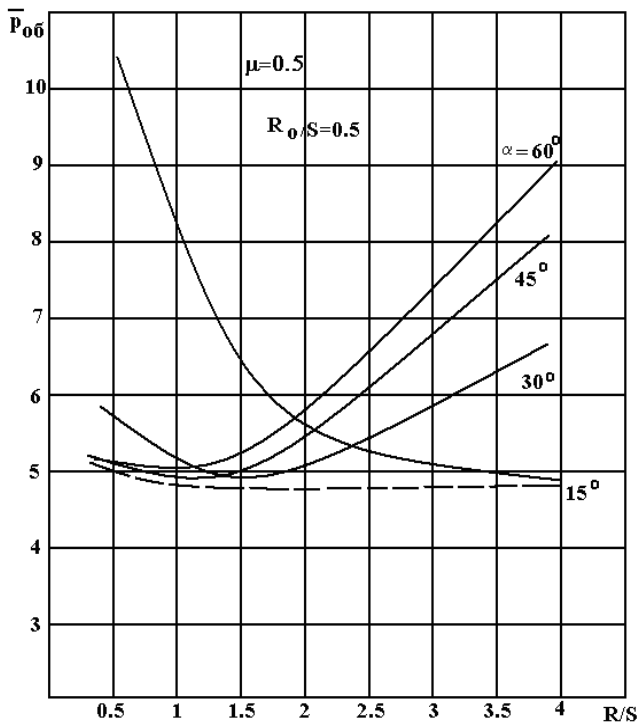


Рис. 7. График зависимости приведенного давления деформирования от соотношения  $R/S$

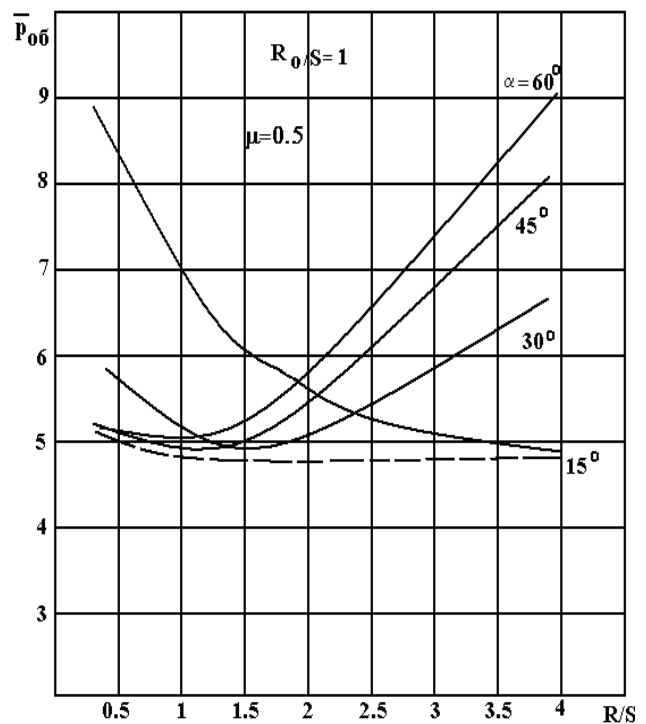


Рис. 8. График зависимости приведенного давления прошивки от соотношения  $R/S$

## ВЫВОДЫ

Рассмотрены различные схемы для малоотходного получения втулок и колец. Приведены формулы для расчета процесса сквозной прошивки методом верхней оценки, которые учитывают влияния технологических факторов. На основании полученных данных построены графики зависимости удельных усилий от технологических параметров, по которым можно сделать следующие выводы:

- при увеличении коэффициента трения приведенное давление деформирования также возрастает;
- минимальное значение приведенного давления деформирования находится в пределах  $(1 \dots 1,5) R/S$ ;
- при увеличении заходного угла пуансона приведенное давление деформирования возрастает;
- при увеличении соотношения  $R/S$  оптимальное значение заходного угла пуансона уменьшается.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Малоотходная технология изготовления полых деталей торцевой раскаткой / В. В. Лапин, А. Ф. Фомичев, В. А. Ермилов, Б. М. Якименко // Кузнечно-штамповочное производство. – 1985. – № 9. – С. 18–20.
2. А. с. 1052306 СССР, МКИ В 21 J 5/10 Способ изготовления деталей типа втулок / И. С. Алиев, В. В. Лапин. – № 3452440/25-27; заявлено 11.06.82; опубл. 1983, Бюл. № 41.
3. Постолакый П. И. Безотходная штамповка деталей кольцевой формы / П. И. Постолакый, В. А. Тимошенко // Изв. вузов. Машиностроение. – 1982. – № 11. – С. 138–142.
4. Алиев И. С. Развитие локальных методов обработки металлов давлением / И. С. Алиев, В. А. Матвийчук // Обработка материалов давлением. – 2008. – № 1 (19). – С. 201–206.
5. Журавлев А. З. Безотходное изготовление втулок машин для животноводческих ферм / А. З. Журавлев, Ю. Н. Верзилов, Г. А. Кузнецова // Кузнечно-штамповочное производство. – 1983. – № 7. – С. 7–9.
6. Пат. 32229 Україна, В21К21/00. Спосіб виготовлення порожнистих деталей / І. С. Алієв, Л. І. Алієва, Я. Г. Жбанков; заявник і патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 200714594; заявл. 24.12.2007; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 6.
7. Алиева Л. И. Безотходные и малоотходные процессы изготовления деталей со сквозными отверстиями / Л. И. Алиева // Перспективы развития горно-металлургического комплекса : материалы междунауч.-практ. конф. – Краматорск : НКМЗ, 2004. – С. 21–24.
8. Алиева Л. И. Безотходное выдавливание-прошивка деталей типа втулок и колец / Л. И. Алиева, С. В. Мартынов // Збірник тез доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Технологія -2005». – Сєвєродонецьк, 2005. – С. 83–84.
9. Алієва Л. І. Розробка процесів штампування порожнистих виробів методами видавлювання та обкочування / Л. І. Алієва, В. А. Матвійчук, В. М. Михалевич, В. О. Краєвський // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : тематичн. зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2003. – С. 359–363.
10. Алиева Л. И. Комбинированное последовательное радиально-прямое выдавливание полых деталей / Л. И. Алиева, О. В. Чучин // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в машинобудуванні і металургії : тематичн. зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА. – 2002. – С. 352–355.

Алиева Л. И. – канд. техн. наук, ст. преп. кафедры ОМД ДГМА;  
Чучин О. В. – канд. техн. наук, ст. преп. кафедры ОМД ДГМА;  
Бондарева Е. Н. – аспирант ДГМА;  
Жбанков Я. Г. – аспирант ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: omd@dgma.donetsk.ua