

Рис. 2. Поковка с различными вариантами наружного диаметра

и коэффициент трения в зависимости от выбранной смазки. Процесс полугорячей штамповки имеет ряд преимуществ по сравнению с холодной и горячей штамповкой: качество поверхности и точность геометрии, как после холодной объемной штамповки; напряжения на оснастку ниже, чем при холодной объемной штамповке; отсутствие окалины; сопротивление деформирования металла близко к интервалам горячей объемной штамповки; тепловой эффект на оснастку ниже, чем при горячей объемной штамповке. Данные преимущества, позволяют утверждать, что для небольших по массе деталей до 0,5 кг технология полугорячей штамповки является перспективной.

Принимаемый коэффициент трения процесса находится в интервале от 0,2 до 0,5; наружный диаметр поковки стакана толкателя клапана (рис. 2) изменяется от 25,5 до 27 мм с приращением 0,5 мм. Запланированные исследования представлены в виде таблицы.

Наружный диаметр принимается исходя из требуемых допусков и напусков на поковку [1–3] при диаметральном размере заготовки 25 мм и высоте в соответствии с таблицей. Для соответствующих диаметральных размеров требуется заданный объем металла заготовки (V_i), данные внесены в таблицу для каждого экспериментального ряда.

Учитывая принцип подобия процессов обработки металлов давлением, рассчитаем коэффициент отношения диаметров: $k_d = D_n / D_{вн}$, где D_n – наружный диаметр стакана, мм; $D_{вн}$ – внутренний диаметр стакана, равный 20,5 мм.

Данные, полученные в результате эксперимента, представлены на рис. 3. Из графиков видно, что для области отношения диаметров $k_d = 1,29$ наблюдается общее снижение значений усилий для всех экспериментов. Такая динамика возможна в случае образования оптимальной схемы сложного напряженного состояния, приводящего к наилучшему пластическому течению. Как известно из [4], при сложном напряженном состоянии количество возможных комбинаций напряжений, при которых происходит переход в пластическое состояние, является бесчисленным.

Зависимости максимального главного напряжения в объеме поковки от величины коэффициента трения представлены на рис. 4. Рост напряжений прямо пропорционален коэффициенту

Планирование эксперимента

D_n	Коэффициент трения				$V_i, \text{мм}^3$	$h_i, \text{мм}$	k_d
	0,2	0,3	0,4	0,5			
25,5	+	+	+	+	16843,5	34,5	1,244
26	+	+	+	+	17815,3	36,5	1,268
26,5	+	+	+	+	19808,9	38,5	1,293
27	+	+	+	+	19824,5	40,5	1,317

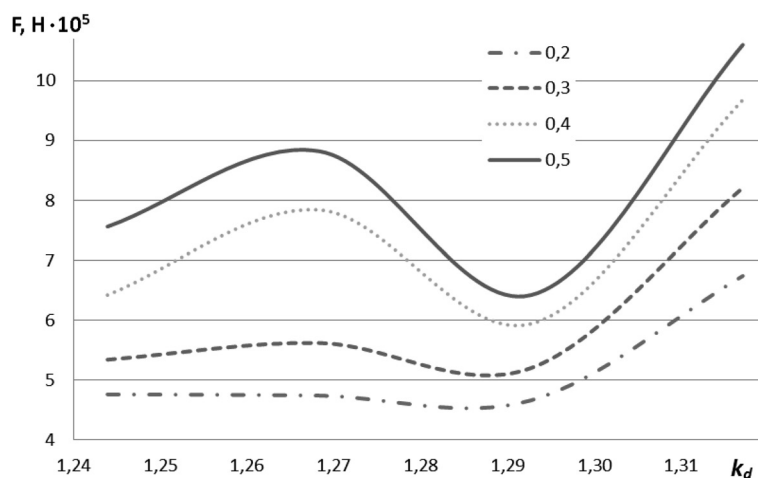


Рис. 3. Усилие на инструменте в зависимости от отношения диаметров для различных коэффициентов трения

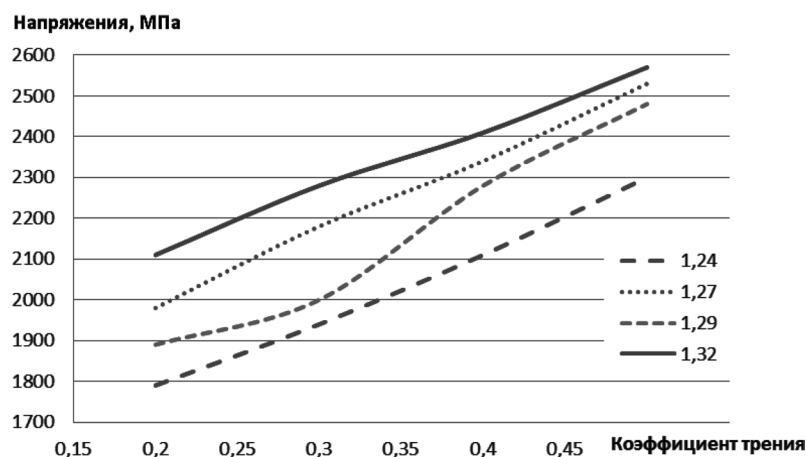


Рис. 4. Главное максимальное напряжение для различных отношений диаметров в зависимости от коэффициента трения

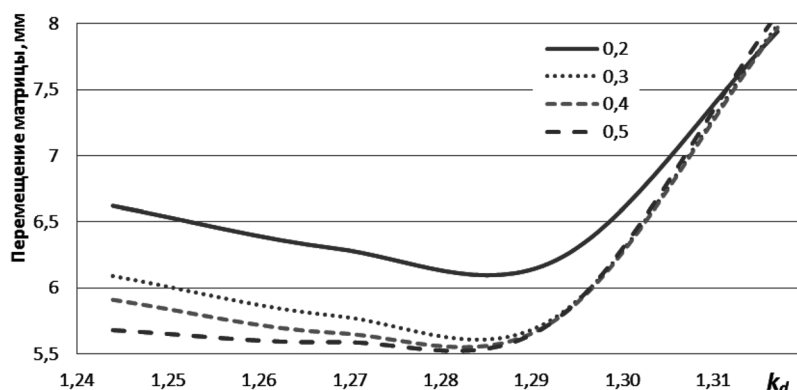


Рис. 5. Вертикальное перемещение матрицы в зависимости от отношения диаметров при различных коэффициентах трения

трения, что не противоречит теории обработки металлов давлением. Графики рисунка дают представление о действующих максимальных напряжениях на гравюре инструмента, что позволяет сделать выводы об износе инструмента и его стойкости. Необходимо отметить, что максимальные напряжения имеют точечную область распространения, для верхнего пуансона – это сферическая поверхность.

На рис. 5 представлены графики перемещения матрицы в зависимости от отношения диаметров для различных коэффициентов трения. Можно сделать вывод, что перемещения величины k_d менее 1,3 различаются несущественно и лежат в области 5,5–6,5 мм, так как слои металла, контактирующие с пуансоном и матрицей, находятся в непосредственной близости.

Для оценки течения металла в полости штампа на заготовке были отмечены 10 точек (рис. 6, а), их окончательное распределение представлено на рис. 6, б. Точки распределены равномерно по всей высоте поковки, что свидетельствует о беспрепятственном течении металла без образования мертвых зон.

На рис. 7 изображены вертикальная (а) и радиальная (б) составляющие скорости точек заготовки. Как видно из рис. 7, а, металл не образует крупной мертвой зоны (участок области под верхним пуансоном). Скорости течения металла распространяются на значительную глубину в его объеме, плавно

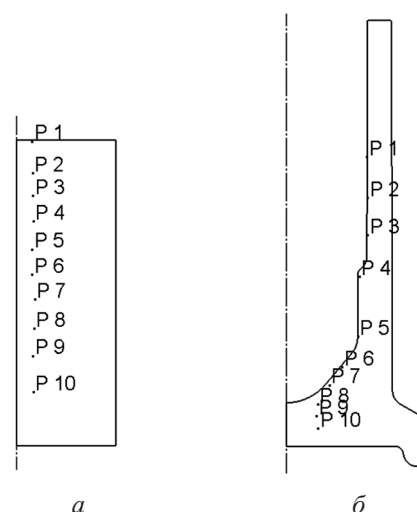


Рис. 6. Динамика точек в объеме поковки: а, б – начало и окончание процесса штамповки

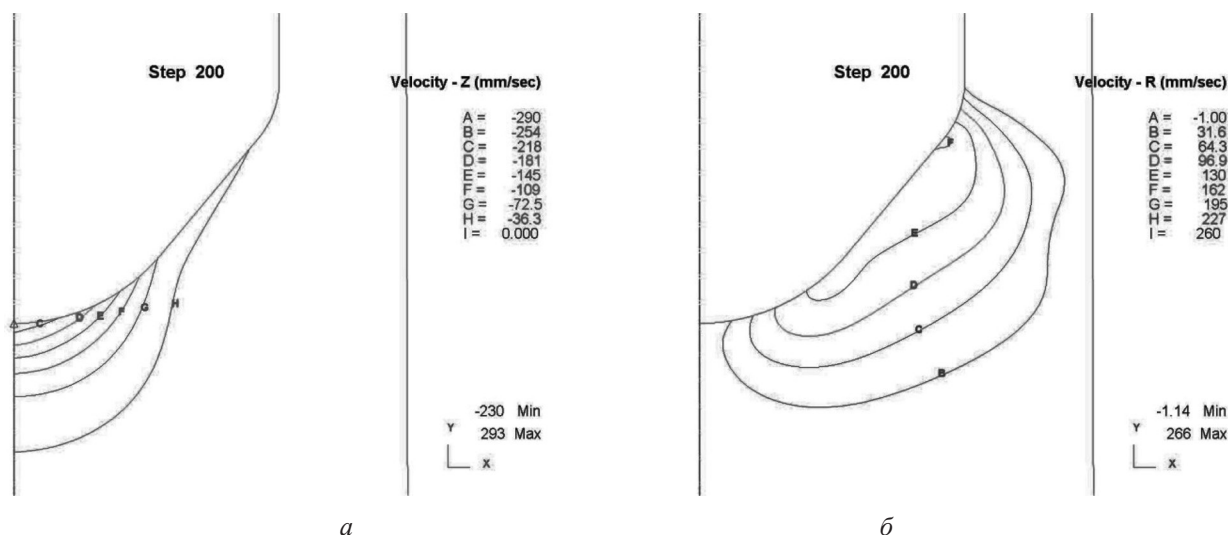


Рис. 7. Распределение скоростей течения металла в поковке:
а, б – вертикальные и радиальные составляющие соответственно

огибая контур пуансона. Радиальные скорости течения металла (рис. 7, б) равномерно распределены вдоль конической части пуансона.

Проведенные исследования раскрывают суть процесса обратного выдавливания с применением сил активного трения при формировании поковки толкателя клапана двигателя внутреннего сгорания и позволяют более качественно оценить все аспекты процесса обратного выдавливания.

Выводы

1. Установлены закономерности изменения усилия деформации от отношения диаметров для различных коэффициентов трения.
2. Максимальные главные напряжения для интервала коэффициента трения 0,2–0,5 изменяются от 1800 до 2600 МПа.
3. Течение металла в полости штампа происходит без образования мертвых зон, что позволяет получать качественную структуру поковки.

Литература

1. Ковка и штамповка: Справочник. В 4 т. / Ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) и др. М., 1986. Т. 2. Горячая штамповка / Под ред. Е. И. Семенова. М., 1986.
2. Ковка и штамповка: Справочник. В 4 т. / Ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) и др. М., 1987. Т. 3. Холодная объемная штамповка / Под ред. Г. А. Навроцкого. М., 1987.
3. Сосенушкин Е. Н. Прогрессивные процессы объемной штамповки. М., 2011.
4. Томленов А. Д. Механика процессов обработки металлов давлением. М. 1963.

V. V. KLUBOVICH, V. A. TAMILA, V. A. KLUSHIN, A. S. LIPNITSKIY

INVESTIGATION OF REVERSE EXTRUSION WITH USE OF ACTIVE FRICTION FORCES

Summary

The results of studies of the effect of friction coefficient and thickness of a pipe wall on energy-force parameters of reverse extrusion process are shown. The evaluation of the stress-strain state and amounts of displacement matrix from the active forces of friction is made.