

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПОКОВКИ ДЕТАЛИ КОРПУС  
“ПИКАБУРА”

Ахмадалиев Шохрух Шухратович,

Ташкентский государственный технический университет,

Фоменко Мария Анатольевна

Старший преподаватель, Ташкентский государственный технический университет,  
механический факультет, кафедра давления и обработки металлов г. Ташкент, ул.

Университетская, 2 [19shaxrux91@mail.ru](mailto:19shaxrux91@mail.ru)

**Аннотация:** в статье даны технология радиального выдавливания, кинематические варианты, этапы технологического процесса и расчётные схемы. Также определена оптимальная формула, характеризующая усилие технологического процесса.

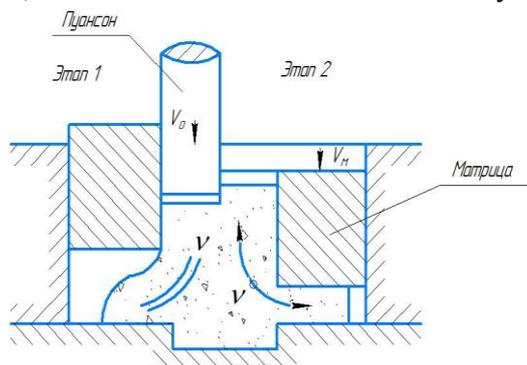
**Ключевые слова:** выдавливание, штамповка.

Новый процесс радиального выдавливания разделяется на две стадии (рис. 1);

- на первой стадии производят деформирование металла движением пуансона со скоростью  $V_a$  для того, чтобы образовать утолщение в какой-то части изделия;

- на второй стадии производят деформирование только такого отдельного утолщения с принудительным перемещением матрицы со скоростью  $V_m$  при условии освобождения (снятия) пуансона. Именно снятие пуансона на второй стадии создает возможность управлять путем деформирования. В связи с тем, что на второй стадии осаживается только контурная часть утолщения, такой процесс носит название "процесс выдавливания с контурной осадкой".

Установлено, что при исследовании силового режима и деформируемости для процесса радиального выдавливания (как первой стадии выдавливания с контурной осадкой) недостаточно выяснено влияние угла прямой переходной кромки.



**Рис. 1. Кинематический вариант способов радиального выдавливания с контурной осадкой**

Из приведенного анализа обоснован выбор метода исследования силового режима, НДС и деформируемости металла для процесса выдавливания с контурной осадкой.

Весь процесс деформирования выдавливанием с контурной осадкой разделен на две стадии: а первая стадия происходит как обычное радиальное выдавливание и носит

название "высадка выдавливанием". Для первой стадии произведен анализ силового режима с учетом влияния угла прямой переходной кромки.

Энергетический метод позволяет учесть основные особенности процесса и одновременно определить, как активное деформирующее усилие, развиваемое пуансоном, так и реактивное, усилие, воспринимаемое неподвижными инструментами. Верхняя оценка таких усилий может быть получена из энергетического баланса, если в него включены мощности, развиваемые реактивными усилиями на виртуальных скоростях перемещений, соответствующих частям инструмента, и проведена линеаризация всех мощностей относительно виртуальных и заданных скоростей инструмента.

Решения выполнялись с использованием следующих допущений:

- нормальная компонента вектора скорости неразрывна, разрывы имеют только компоненты, направленные вдоль границ блоков;
- удельные силы контактного трения по поверхности контакта постоянны и пропорциональны сопротивлению текучести материала;
- материала заготовки однороден и неупрочняем;
- скорость движения инструмента постоянно.

Принимаем следующие кинематические возможные поля скоростей, состояние из отдельных жестких блоков и удовлетворяющие кинематическим граничным условиям и условию несжимаемости (рис. 2). Принимаемые кинематически возможные поля скоростей основаны на установленных в результате экспериментальных исследований формы и очага пластической деформации.

Усилия деформирования и раскрытия определялись из уравнения баланса мощностей внешних и внутренних сил на кинематически возможных скоростях перемещений:

$$\rho v_n \pi R_0^2 + q v_M \pi (R_2^2 - R_2^0) = W_q + W_c + W_r \quad (1)$$

где: - мощность пластического формоизменения в зонах 2,3,4:

$$W_g = \sum W_{gi} = \sum \epsilon_s \iiint \epsilon_u dv; \quad (2)$$

- мощность сил среза на поверхностях разрыва скоростей между зонами 1-2, 2-3, 2-6, 3-4:

$$W_c = \sum W_{cj} = \sum \frac{\epsilon_s}{\sqrt{3}} \iint [u]_{ij} ds; \quad (3)$$

- мощность сил контактного трения на поверхностях контакта с инструментом: 1 и 5, 3 и 5, 4 и 5:

$$W_T = \sum W_{TK} = \sum \mu \epsilon_3 \iint [u]_x dC. \quad (4)$$

Вычислив мощности сил пластического формоизменения, среза и контактного трения, подставив найденные значения мощностей и уравнение баланса мощностей 1, разделяя члены, содержащие  $v_n$  и  $v_M$  получаем:

$$\frac{P}{6_s} = 1 + \frac{1}{\sqrt{3}} \left[ \frac{1+2\mu}{3} \frac{R_0}{h_2} + 2\mu \frac{1+\sqrt{1+2tg^2\sigma}}{tg\sigma} \ln \frac{h_2}{h_1} + 2 \ln \frac{R_3}{R_2} + \frac{3}{2} tg\sigma + 2\mu \left( \frac{R_3}{R_1} - \frac{R_2}{R_1} \right) - \frac{h_2}{h_0} + 1,14 \left( 2 \ln \frac{R_2}{R_0} + 0,5y - 1n \frac{h_2}{h_1} \right) + 0,2tg\sigma \left( 2 \ln \frac{h_2}{h_1} - \ln \frac{R_2}{R_0} \right); \frac{Q}{6_3} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left[ \frac{1}{y} \frac{h_2}{h_0} + 2\mu \frac{1+\sqrt{1+tg^2\sigma}}{tg\sigma} \left[ (S^2 - tg\sigma) \ln \frac{h_2}{h_1} - \frac{1}{2} y tg^2\sigma - s \left( \frac{R_2}{R_0} - 1 \right) tg\sigma \right] + 2\mu \left( \frac{R_3}{h_1} - \frac{R_2}{h_2} \right) + 2 \ln \frac{R_3}{R_2} + 1,14 \left[ \frac{2}{y} \ln \frac{R_2}{R_0} - \frac{s}{xtg\sigma} + \right. \right.$$

$$\frac{1}{y} \left( \frac{s^2}{tg^2 \sigma} - 1 \right) \ln \frac{h_2}{h_1} + \frac{1}{2y} \left( ytg\sigma + 2 \frac{R_2 h_1}{R_0 R_0} \right) + 0,2 \left[ 0,5tg\sigma - \frac{2s}{x} - \frac{tg\sigma}{y} \ln \frac{R_2}{R_0} + \frac{2}{y} \left( \frac{s^2}{tg^2 \sigma} - t g \sigma \right) \ln \frac{h_2}{h_1} \right] \} \quad (5)$$

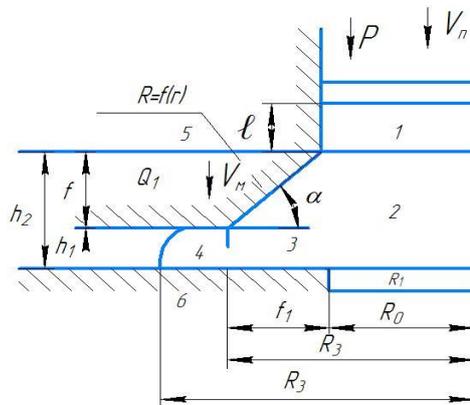


Рис. 2. Расчетная схема процесса радиального выдавливания

где  $y = \frac{R_2^2}{R_0^2} - 1; \quad x = 1 + \frac{R_2}{R_0}; \quad s = tg\sigma + \frac{h_2}{R_0}.$

вторая стадия процесса выдавливания с контурной осадкой представляет собой этапы контурной осадки оформленного на первой стадии утолщения при условии подвижного пуансона. Расчетные схемы приведены (на рис. 3).

Из анализа экспериментальных исследований установлено, что изменение размеров заготовки происходит в два этапа: 1- осадка заготовки без изменения длины стержня заготовки (размера  $l$ ), пока размеры заготовки или условия трения таковы, что  $R_i < R_0$  ( $R_i$  - радиус границы разделения течения металла). Это начальный этап в случае большой высоты полости. 2-совмещение осадки кольцевой части заготовки с формированием стержня, общая высота, которая непрерывно увеличивается, если размеры заготовки приводят к величине  $R_i > R_0$ . Это соответствует последним этапам с уменьшением высоты полости (или по ходу сближения матриц).

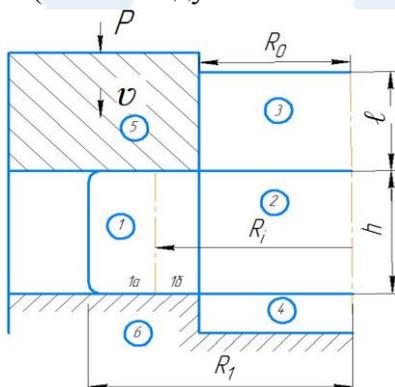


Рис. 3. Расчетная схема для второй стадии

Проведен анализ силового режима для второго этапа, имеющего более важные значения для анализа технологических характеристик данного процесса. Используются рассмотренные выше допущения. Принимаем следующие кинематические возможные поля скоростей, состоящие из отдельных жестких блоков и удовлетворяющих граничным условиям и условию несжимаемости. Принимаемые кинематически возможные поля скоростей основаны на установленных в результате экспериментальных исследований формы и очага пластической деформации.

Уравнение энергетического баланса запишется в виде:

$$v_M \pi (R_1^2 - R_0^2) = W_g + W_c + W_t \quad (5)$$

где  $W_g$ - мощность пластического формоизменения в зонах 1 и 2

$$W_g = \sum W_{gi} = \sum \sigma_s \iint \epsilon_u dv$$

- мощность сил среза на поверхностях разрыва скоростей между зонами 1-2; 2-3 и 2-

4;

$$W_c = \sum W_{cj} = \sum \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}} \iint [u]_{ij} ds ; \quad (6)$$

- мощность сил контактного трения на поверхностях контакта 1 и 3 с инструментом

5

$$W_t = \sum W_{tk} = \sum \mu \sigma_s \iint [u]_k dc ; \quad (7)$$

Подставив в уравнение энергетического баланса (5) все найденные значения мощностей и преобразований, получим формулу для определения относительно удельного усилия деформирования:

$$\frac{P}{6_s} = \frac{1}{\sqrt{3}(R_1^2 - R_0^2)} \left\{ \frac{R_i^2 - R_0^2}{R_0} \left( \sqrt{3} R_0 + H + \frac{2 R_0^2}{3 h} \right) + h R_0 + \sqrt{R_i^4 + 3 R_1^4} - \sqrt{R_i^4 + 3 R_0^4} - \right. \\ \left. R_i \ln \frac{R_0^2 \left( \sqrt{R_i^4 + 3 R_1^4} + R_i^2 \right)}{R_1^2 \left( \sqrt{R_i^4 + 3 R_0^4} + R_i^2 \right)} + 4 \mu_1 l \frac{R_i^2}{R_0} + 4 \frac{\mu_2}{h} \left[ R_i^2 (2 R_i - R_1 - R_0) + \frac{1}{3} (R_1^3 + R_0^3 - 2 R^3) \right] \right\} \quad (8)$$

Варьируемый радиус определения разделения металла  $R_1$  определяется путем решения уравнения  $\frac{\partial P}{\partial R_i} = 0$ .

### Вывод

При радиальном выдавливании образуются четыре зоны с различным деформированным состоянием и соответствующим неравномерным распределением механических свойств, что необходимо принимать во внимание в зависимости от конкретного назначения получаемого изделия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмадалиев Ш.Ш. Ўқисимметрик шаклдаги деталларни комбинацияланган сиқиб чиқарувчи штамлаш технологик жараёнларини ишлаб чиқиш ва тадқиқот қилиш: т.ф.ф.д. (PhD) дис. автореф. / Ахмадалиев Шохрух Шухратович – Тошкент, 2012. – 120 с.
2. Загидуллин Р.Р., Абдуллаев Ф.С., Абдуллаев Р.Ф. Исследование силовых характеристик при выдавливании. // Сборник науч. трудов. Ташкент 1997 г. ст. 93-96
3. Абдуллаев Ф.С. Хасанов К.А. «Радиал сиқиб чиқариш операциясининг назарий таҳлили ва қўлланиладиган штамнинг схемаси» в Международной научно и научно-технической конференции «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в аграрном-пищевом секторе» 24-25 апрель, 2020 г.