

УДК 621.981

Гайдамак О. Л.  
Огородников В. А.  
Гончарук А. О.  
Сивак И. О.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ РАДИАЛЬНЫМ ОБЖАТИЕМ КАНАВОК НА ДЕТАЛЯХ ТИПА СТЕРЖЕНЬ

Существует широкая номенклатура стержневых деталей на образующей поверхности, которых изготавливают фигурные канавки. Для получения отверстий деталей с резьбовыми элементами используются специальные инструменты – метчики. По форме, метчики являются стержнем. На одном конце стержня расположена рабочая, режущая часть, а с другой – хвостовик, который зажимается в станок или вороток. На режущей части метчиков расположены канавки. Рабочая часть служит не только для прокладывания резьбы и калибровки, но и для вывода образовавшейся стружки, а потому канавки имеют название стружечные, они могут иметь винтовую форму и продольно-прямую. По количеству стружечных канавок согласно ГОСТ 3266-81 бывают метчики с тремя и с четырьмя стружечными канавками. Хвостовая часть метчика имеет форму квадрата. Обычно стружечные канавки рабочей части и квадраты хвостовика изготавливаются обработкой резанием, что является малопродуктивной технологией, где значительное количество материала заготовки превращается в стружку.

Целью работы является усовершенствование штампового оборудования и изучение его силовых характеристик. Это позволит изготавливать канавки на деталях, типа стержень, радиальным обжатием и даст возможность в несколько раз увеличить производительность труда и свести к минимуму потери материала заготовки на стружку.

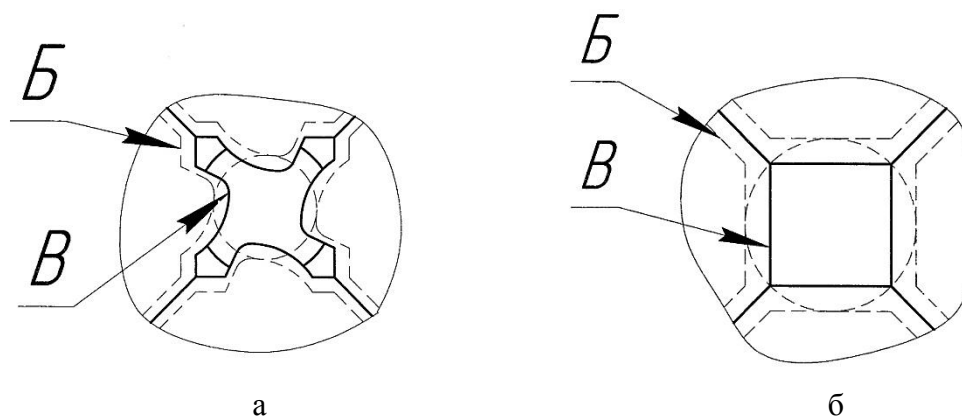


Рис. 1. Схема формообразования рабочей части метчика (а) и хвостовой части метчика (б)

На (рис. 1, а) показана схема радиального обжатия при формообразовании стружечных канавок на цилиндрической заготовке. На (рис. 1, б) показана схема радиального формообразования квадрата хвостовика. Пунктирными линиями (Б) показано исходная форма заготовки и положение пуансонов, а основными линиями (В) – конечная форма заготовки, соответствующая образованию необходимого профиля.

Метчики изготавливают из углеродистых сталей У10А, У12А (ручные метчики) и быстрорежущих сталей Р18, Р9, Р6М5 (метчики работающие на высоких скоростях). Эти материалы являются мало пластичными, и значительные степени деформации могут приводить к разрушению заготовки особенно при деформировании стружечных канавок метчиков, размеры которых больше М30.

В работе [1] описано устройство для радиальной штамповки названное мультиштампом, на котором возможно выдавливание канавок на валах. Кинематическая схема данного устройства характерна тем, что рабочая часть деформирующего инструмента имеет прямолинейную форму. Эта особенность конструкции требует очень точной настройки длины хода ползуна прессового оборудования. При незначительном превышении длины хода ползуна пресса относительно расчетной величины этого хода, может произойти разрушение мультиштампа. Расчетная схема, для данного устройства, описанная в работе [1] справедлива для случаев, когда зона деформации сосредоточена в ограниченной части заготовки, размер которой приближается к точке. Такая схема соответствует разделительным операциям типа резка (рубка) заготовок, где рабочее усилие сосредоточено на острие лезвия деформирующего (режущего) инструмента. Для операций объемного деформирования, таких как формирование стружечных канавок метчиков радиальным обжатием усилие деформирования распределяется по значительной поверхности заготовки.

В настоящей работе предложена кинематическая схема штампа (рис. 2) формирующего стружечные канавки радиальным обжатием, в которой рабочая часть деформирующего инструмента выполнена закругленной по радиусу, что исключает возможность разрушения штампа при превышении хода ползуна относительно расчетной величины и соответственно не требует точной регулировки ползуна прессового оборудования.

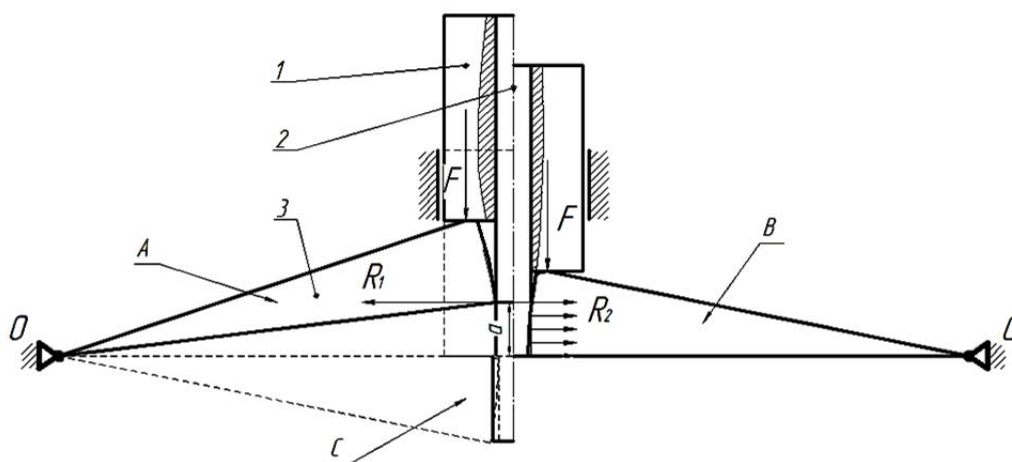


Рис. 2. Кинематическая схема процесса радиального обжатия:

1 – толкатель; 2 – заготовка; 3 – пуансоны. Начальная (A), средняя (B) и конечная (C), (показана штрихпунктирной линией) стадии радиального деформирования заготовки 2

Кинематическая схема состоит из толкателя 1, связанного с ползуном пресса (ползун на схеме не показан), заготовки 2, установленной в осевом отверстии толкателя 1, пуансонов 3 вращающихся вокруг центров O. Количество пуансонов 3 может быть разным, в зависимости от поставленной задачи. Линией выносной (A) обозначена начальная стадия деформирования, линией выносной (B) средняя и (C) конечная (показана штрихпунктирной линией) стадии радиального деформирования заготовки 2.  $F$  – сила, приложенная к толкателью 2.  $R_1$  – сосредоточенная сила деформирования, действующая на заготовку 2 в начальной стадии деформирования.  $R_2$  – распределенная сила деформирования, действующая на заготовку 2 на участке (a) в последующих стадиях деформирования. (a) – величина переменная и изменяется от нуля до максимального значения и снова до нуля.

Толкатель 1 с усилием  $F$  воздействует на пуансоны 3 и поворачивает их относительно шарниров O, деформируя заготовку 2 в радиальном направлении к оси заготовки, образуя, например, стружечные канавки метчиков (рис. 1, а). В расчетах заменим распределенную силу  $R_2$  на равнодействующую силу  $R$  приложенную к середине участка (a) на котором действует распределенная сила. При этом в расчетах примем следующие допущения: 1 – равнодействующая сила  $R$  всегда направлена перпендикулярно первоначальному профилю заготовки;

2 – радиусный участок рабочей части инструмента заменим его хордой, что для исследуемых размеров штампа не внесет существенных погрешностей полученных результатов, вследствие незначительной разницы деформаций заготовки полученных пуансоном с рабочей частью по радиусу и по соответствующей хорде радиусного участка (разница не превышает 0,4 мм).

Рассмотрим расчетную схему (рис. 3), где показан пуансон в промежуточном положении между начальной и конечной стадиями деформирования.

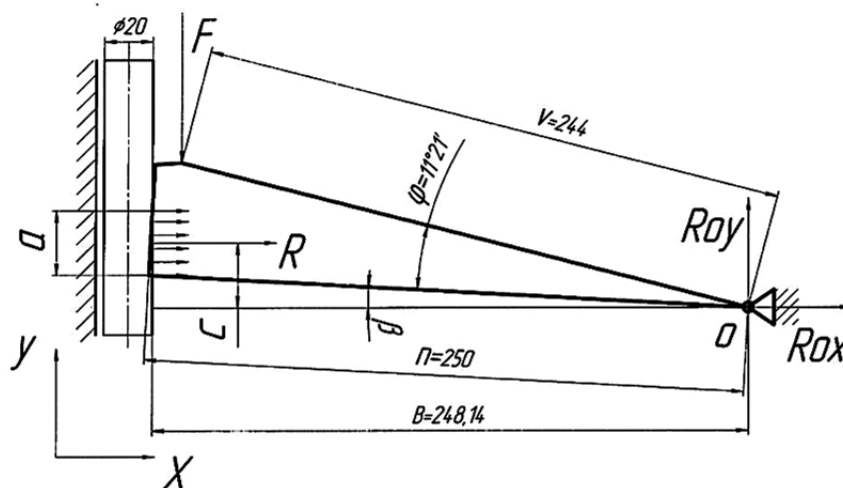


Рис. 3. Расчетная схема радиального обжатия

Выясним, как будет изменяться деформирующая сила  $R$  в процессе поворота пуансона. Угол  $\beta$  будет изменяться от 7 до 0 градусов для данных размеров пуансона и заготовки, что будет соответствовать изменению зоны деформации от минимальной до максимальной (от нуля до  $a$ ) (см. рис. 3).

Составим уравнения равновесия для данной схемы:

$$\sum F_x = 0, \quad R_{ox} + R = 0. \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0, \quad R_{oy} - F = 0 \quad (2)$$

$$\sum M_o = 0, \quad R \cdot c - F \cdot V \cdot \cos(\beta + \varphi) = 0. \quad (3)$$

Из (3) находим:

$$R = \frac{F \cdot V \cdot \cos(\beta + \varphi)}{c}, \quad (4)$$

где  $c$  находим из выражения, полученного путем геометрических преобразований:

$$c = B \cdot \tan \beta - n \cdot \sin \left[ \frac{\arccos \frac{n}{B}}{2} - \beta \right]. \quad (5)$$

Запрограммируем выражение (4), с учетом размеров, показанных на (рис. 2), в MS Excel и проанализируем, как будет изменяться деформирующая сила  $R$  в зависимости от изменения угла  $\beta$  от 7 до 0 градусов. Предварительно задав постоянную толкающую силу  $F = 1$  Н. На рис. 4 представлен результат компьютерного моделирования силового режима радиального обжатия в виде графика. Характер изменения силовых характеристик штампа радиального обжатия показывает, что с уменьшением угла  $\beta$  существенно увеличивается деформирующая сила  $R$  (в 8–16 раз) по сравнению с толкающей силой  $F$ . Это позволяет создать полезную деформирующую силу, на рабочей части пуансонов, значительно превышающую

силу прессового оборудования, на котором устанавливается штамп. Кроме того, как показано в работах [2, 3], радиальное обжатие создает благоприятное напряженно-деформированное состояние и способствует деформированию заготовки без разрушения.

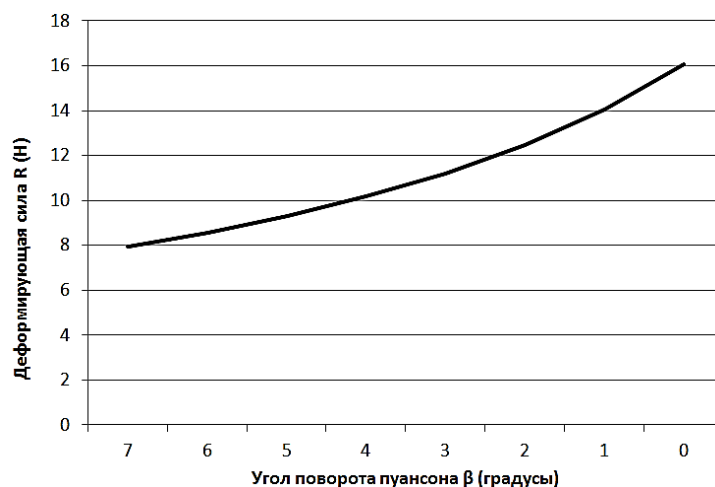


Рис. 4. График зависимости деформирующей силы от угла поворота пуансона

### ВЫВОДЫ

Исследованы силовые характеристики процесса формообразования радиальным обжатием канавок на деталях типа стержень. Усовершенствована кинематическая схема мультиштампа, предложенного в работе [1], которая позволяет проводить деформирование заготовки без опасения случайного разрушения штампа. Разработана кинематическая и расчетная схемы одного из вариантов мультиштампа для формообразования стружечных канавок метчиков. Проведено компьютерное исследование силовых характеристик разработанных схем. На примере формообразования рабочих поверхностей заготовок метчиков показано, что использование предложенной схемы деформирования позволяет создать полезную деформирующую силу на рабочей части пуансонов, в 8–16 раз превышающую силу прессового оборудования, на котором устанавливается штамп.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайдамак О. Л. Мультиштамп для радиального обжатия / О. Л. Гайдамак, В. А. Огородников, А. О. Гончарук // *Обработка материалов давлением : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2010. – № 4 (25). – С. 218–222.*
2. Алиев И. С. Исследование силового режима процесса радиально-прямого выдавливания с обжатием / И. С. Алиев, Я. Г. Жбанков // *Обработка материалов давлением : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2019. – № 2 (21). – С. 22–28.*
3. Огородников В. А. Напряженно-деформированное состояние при формировании внутреннего илищевого профиля методом обжатия на оправке / В. А. Огородников, И. Г. Савчинский, О. В. Нахайчук // *Тяжелое машиностроения. – 2004. – № 12. – С. 31–33.*

Гайдамак О. Л. – канд. техн. наук, доц. ВНТУ;  
Сивак И. О. – д-р техн. наук, проф. ВНТУ;  
Огородников В. А. – д-р техн. наук, проф. ВНТУ;  
Гончарук А. О. – инженер ВНТУ.

ВНТУ – Винницкий национальный технический университет, г. Винница.

E-mail: vntu111@gmail.com

Статья поступила в редакцию 14.02.2012 г.