

УДК 621.777.4

© Анищенко А.С.<sup>1</sup>, Кухарь В.В.<sup>2</sup>, Присяжный А.Г.<sup>3</sup>**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЫСАДКИ ДЕТАЛЕЙ НА  
ОДНОПОЗИЦИОННЫХ ХОЛОДНОВЫСАДОЧНЫХ АВТОМАТАХ**

Составлены циклограммы работы однопозиционных одноударных холодновысадочных автоматов при штамповке заклепок с высадкой головок в полость матрицы и пуансона. Показано, что максимально допустимая длина заготовок должна обеспечить возможность их отрезки от проволоки и передачи на позицию перед матрицей за время, в течение которого ползун автомата переместится к матрице на расстояние до нее, равное или превышающее длину заготовки. Установлено, что угол предварения после останова подвижного ножа должен определяться до момента совмещения торцовых плоскостей пуансона и заготовки. Высадка в полость пуансона при минимальных углах предварения позволила увеличить максимальную длину штампуемых деталей на 6%.

**Ключевые слова:** высадка, матрица, пуансон, заготовка, циклограмма.

*Анищенко О.С., Кухарь В.В., Присяжный А.Г. Вдосконалення висаджування деталей на однопозиційних холодновисаджувальних автоматах. Складені циклограми роботи однопозиційних холодновисаджувальних автоматів при штампуванні заклепок з висаджуванням головок у порожнину матриці і пуансона. Показано, що максимально допустима довжина заготовок повинна забезпечити можливість їх відрізання від дроту та передачі на позицію перед матрицею впродовж терміну, за який повзун автомату переміститься до матриці на відстань до неї, яка дорівнює або перевищує довжину заготовки. Встановлено, що кут передування після зупинки рухомого ножа повинен визначатися до моменту суміщення торцових площин пуансона та заготовки. Висаджування в порожнину пуансона при мінімальних кутах передування дозволило збільшити максимальну довжину деталей, що штампують, на 6%.*

**Ключові слова:** висаджування, матриця, пуансон, заготовка, циклограма.

**O.S. Anish'enko, V.V. Kukhar, A.G. Prisyazhnyj. Improvement of workpieces upsetting on automatic single-impact presses.** The authors constructed cyclograms in Cartesian coordinates, used the slide of the automatic press machine as the primary actuator, determining the angles of rotation of the flywheel with an error of  $\pm 2^\circ$ . The cyclograms show the sequence of switching on, switching off and idle time of the four movable mechanisms of the press machine: the slider, the knife, the pair of rollers and the ejector. The article contains the calculation of technological processes of cold upsetting of the countersunk rivets, and the rivets with trapezoidal head, as well as different lengths of the rivet shank. Flywheel rotation angles indicate linear movement of the movable mechanisms of the press machine in a proportion relative to the slide working stroke length of 90 mm, which corresponds to the angle  $\alpha$  of 180°. The cyclograms of the work of the single-position single-impact cold upsetting of the automatic press machine during rivet heads upsetting into the cavity of the die have been shown in the article. The workpiece must be long enough to be cut off the wire and located ahead of the die in a proper time just as the slide moves to the die to a distance exceeding the length of the workpiece. The limit length of the deformable pieces may be increased by the height of the head that is to be

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, [as4@ya.ru](mailto:as4@ya.ru)

<sup>2</sup> д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, [kvv.mariupol@mail.ru](mailto:kvv.mariupol@mail.ru)

<sup>3</sup> канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, [andrejprisyazhnyj@yandex.ru](mailto:andrejprisyazhnyj@yandex.ru)

*upset into the die cavity. The authors found that the angle of the lag after stopping the moving blade must be determined before the butt ends of the punch and the workpiece coincide. Upsetting into the die cavity with the minimum angles of the lag made it possible to increase the maximum length of the stamped workpieces by 6%.*

**Keywords:** *upsetting, die, workpiece, cyclogram.*

**Постановка проблеми.** Массовое производство деталей на однопозиционных холодно-высадочных автоматах (ХВА) по технико-экономическим показателям является наиболее эффективным способом изготовления крепежа типа заклепок, отличающихся сравнительно простой формой, что позволяет штамповать их без последующей обработки резанием.

Парк ХВА для этих целей достаточно широк и характеризуется большим разнообразием технических характеристик автоматов как по геометрическим параметрам штампуемых деталей, так и по номинальной силе высадки, кинематическим особенностям работы отдельных механизмов оборудования и т. п.

Однако паспортные характеристики ХВА в части предельных значений параметров не учитывают всех особенностей формоизменения деформируемого металла и связанных с ними перемещений подвижных узлов автоматов. В ряде случаев холодная высадка деталей с предельными размерами, указанными в паспорте оборудования, становится невозможной из-за слишком больших размеров заготовки, потребной силы высадки или опасности поломки подвижных механизмов ХВА вследствие несоблюдения последовательности их включения-выключения при реализации всего технологического процесса высадки. Вместе с тем, из заводской практики известны примеры высадки на однопозиционных ХВА деталей, параметры которых превышают паспортные характеристики оборудования.

**Анализ последних исследований и публикаций.** К настоящему времени в мире создан достаточно широкий парк ХВА, характеризующийся большим разнообразием геометрических параметров штампуемых деталей, схем деформации, номинальных величин силы высадки, кинематическими особенностями работы отдельных механизмов оборудования [1-4]. Классификация ХВА приведена в таблице [1, 2].

Таблица



Структура и кинематика ХВА определяется, в основном, двумя факторами [4]: длиной стержневой части детали и объемом и сложностью высадки головки. Для простых деталей типа стержня с головкой (заклепки с полукруглой, полупотайной и потайной головками, заготовки для винтов и т.п.) созданы одноударные однопозиционные ХВА с цельной или разъемной матрицей, позволяющие штамповать детали с длиной стержня, достигающей восьми диаметров исходной заготовки [1] (при формоизменении в разъемной матрице). Диапазон максимальных длин заготовок для такого оборудования составляет 40–220 мм, а номинальная сила высадки

равна 63–2000 кН. Технологический процесс изготовления таких деталей допускает открытую отрезку заготовки, не требует центровки заготовок относительно инструмента, не предусматривает операции калибровки. В качестве исходных заготовок возможно использование как холодно-, так и горячекатанного металла.

Для штамповки деталей более сложной формы (стаканы, кольца, втулки), которые невозможно изготовить за один удар вследствие потери устойчивости деформируемой части заготовки, сконструированы ХВА, имеющие несколько позиций (матриц) для штамповки и позволяющие оформлять контур деталей за 2–6 ударов пуансона. Главное достоинство таких многопозиционных ХВА – сосредоточение нескольких технологических переходов в одном агрегате при высокой степени автоматизации рабочих и вспомогательных операций. На многопозиционных ХВА с номинальной силой высадки 400–6300 кН штампуют детали с максимальным диаметром заготовки, равным 52 мм, максимальной длиной 300 мм для универсальных и 400 мм для специализированных ХВА. Точность размеров штампуемых деталей соответствует 8–11 квалитетам, шероховатость поверхности колеблется в пределах  $R_a = 0,16–1,25$  мкм.

Паспортные характеристики ХВА обычно относятся к наиболее часто используемым режимам работы автомата и зачастую не учитывают в полной мере особенности формоизменения всей номенклатуры деталей, штампуемых на этих ХВА. В первую очередь, это относится к деталям с максимально возможными габаритами и связано с выбором схемы деформации (высадка в полость матрицы или пуансона), устойчивостью исходной заготовки при высадке и опасностью поломки подвижных механизмов ХВА вследствие несоблюдения временной последовательности их включения-выключения при реализации всего технологического процесса высадки. Иногда в паспортах отсутствуют сведения о пределе прочности и максимально возможной степени деформации за один переход исходного металла, для которого указаны паспортные характеристики автомата.

Уточнение и расширение информации о технологических возможностях ХВА позволило бы более эффективно использовать это оборудование для производства все расширяющейся номенклатуры деталей. В частности, более громоздкие, дорогостоящие и менее производительные многоударные и многопозиционные ХВА можно было бы заменить на более простое производственное оборудование с меньшим количеством матриц и пуансонов.

**Цель статьи** – уточнить паспортные характеристики ХВА А111А в части предельных габаритов высаживаемых деталей в зависимости от их формы, схемы деформации и кинематики работы подвижных механизмов автомата.

**Изложение основного материала.** Для холодной высадки заклепок использовали сварочную отожженную проволоку из алюминиевого сплава *ВСвА99М 5,00хБР* диаметром 5 мм. Предварительная подготовка поверхности проволоки включала химическую очистку в 10%-ом растворе *NaOH* при температуре 80–90°C с промывкой в воде, нанесение 40%-ной эмульсии мыла и последующую сушку [5].

Эксперименты проводили на одноударном холодновысадочном автомате модели А111А с целью матрицей. Согласно паспортным характеристикам ХВА А111А, имеющий номинальную силу 0,63 МН, позволял осуществлять высадку заготовок диаметром  $d = 3–6$  мм с длиной деталей, находящейся в диапазоне  $L = 17–50$  мм.

Кинематику работы ХВА А111А изучали, анализируя его цикловые диаграммы. Циклограммы строили в декартовых координатах по общей методике, предложенной в работе [6] с учетом особенностей ХВА А111А [7]. В качестве основного циклового механизма был выбран ползун автомата. По оси абсцисс откладывали значения углов  $z$  вращения маховика, определявших перемещение ползуна. Над циклограммой располагали графики путей исполнительных механизмов. За начало цикла ( $z_0 = 0^\circ$ ) было выбрано крайнее положение ползуна, характеризующееся максимальным его удалением от матрицы, которое согласно паспортным данным было равно 90 мм. Полный цикл работы ХВА состоял из интервалов времен, характеризующих периоды холостого и рабочего перемещений ползуна, выстаивания, разгона, торможения механизмов подачи проволоки, ее отрезки и передачи на позицию матрицы, а также выталкивания готовой детали из матрицы. На циклограммах работы ХВА эти интервалы были отмечены в виде углов  $z_1 \dots z_8$ , которые фиксируют момент:

$z_1$  – отрезки проволоки и начала перемещения ножа в направлении матрицы;

$z_2$  – остановка ножа, который подал заготовку на позицию матрицы;

- $z_3$  – начала вталкивания заготовки пуансоном в полость матрицы;
- $z_4$  – начала возвращения ножа в исходное положение;
- $z_5$  – начала высадки головки детали пуансоном;
- $z_6$  – остановка ножа при его ходе назад в исходное положение;
- $z_7$  – начала подачи проволоки в автомат;
- $z_8$  – окончания подачи проволоки в автомат.

За искомые значения углов  $z_i$  принимали среднеарифметические значения  $i$ -го числа результатов замеров. Количество замеров для каждого угла  $z_i$  составляло от пяти до двенадцати. Погрешность измерений и вычислений углов составила  $\pm 2^\circ$ .

Безопасная работа автомата предусматривает наличие углов предварения ( $8-16^\circ$ ), определяющих промежутки времени между окончанием предшествующей и началом последующей операции изготовления детали [6]. В нашем случае это запаздывание включения в работу последующего подвижного механизма после выключения предыдущего. Углы предварения  $x, y, w$  определяли как разности между углами  $z_i$ :

$$x = z_7 - z_6, y = z_8 - z_1, w = z_3 - z_2,$$

где  $y$  – угол предварения между операциями подачи проволоки и ее отрезкой ножом;  $x$  – угол предварения между окончанием отвода ножа в исходное положение и началом подачи проволоки в ХВА на линию отрезки;  $w$  – угол предварения между окончанием подачи заготовки ножом на позицию матрицы и началом вталкивания заготовки пуансоном в полость матрицы.

Графики перемещения и выстаивания исполнительных механизмов ХВА масштабировали только по оси  $z$ , поскольку для данных диаграмм важны были не абсолютные значения перемещений механизмов, а значения углов  $z$ , при которых они происходят.

Циклограмма работы ХВА зависит от многих факторов, которые можно условно разделить на два типа. Факторы первого типа относятся к конструкции автомата. К ним относятся: скорости перемещения подвижных узлов автомата; расстояния, на которые перемещаются подвижные детали автомата и заготовка; координаты регулировочных элементов, определяющие начало и окончание перемещения подвижных деталей; временной диапазон относительного включения/выключения подвижных узлов автомата и т.д. Факторы второго типа относятся к форме и размерам заготовок и штампуемых деталей на автомате. К ним относятся: габариты готовых деталей; габариты высаживаемых головок деталей; форма головок деталей; габаритные размеры заготовок.

Технологические возможности ХВА А111А изучали на примере холодной высадки заклепок с потайной головкой (ГОСТ 10300-80) и головкой, являющейся симметричным отражением потайной головки относительно вертикальной оси (рис. 1). Вторая форма детали отличалась от заклепки с полукруглой головкой (ГОСТ 10299-80) трапецеидальной формой головки вместо сегментной. Выбор деталей был обусловлен тем, что для первой детали потайную головку целесообразно высаживать в полость матрицы, а для второй детали головку следует высаживать в полость пуансона (рис. 2). Различие схем деформации обуславливает видоизменение циклограмм работы автомата, которое, в свою очередь, влияет на форму и предельные габариты штампуемых деталей.

Силу высадки для выбора оборудования (с учетом коэффициента запаса) определяли по формуле [5]:

$$P = kF \frac{\sigma D}{3h} \left[ 1 + 2\mu + \left( \frac{d^3}{D^3} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{3}} - \mu \right) \right], \quad (1)$$

где  $\sigma$  – предел прочности материала заготовки с учетом упрочнения,  $\sigma = 1,6\sigma_s = 288$  МПа [5];

$F$  – площадь поперечного сечения головки;

$h$  – высота головки, мм;

$D$  – диаметр головки, мм;

$d$  – диаметр стержня, мм;

$k$  – коэффициент запаса,  $k = 1,3$ ;

$\mu$  – коэффициент внешнего трения со смазкой,  $\mu = 0,15$ .

Степень деформации заготовки  $\varepsilon$  определяли по формуле:

$$\varepsilon = \frac{l-h}{l} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $l$  – начальная высота осаживаемой части заготовки, мм.

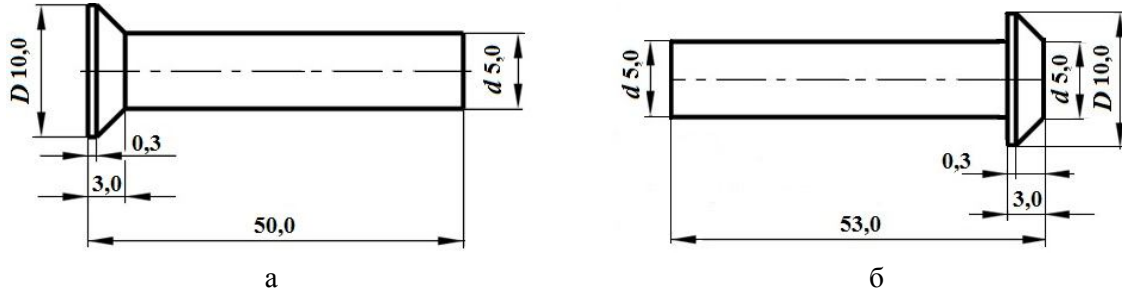


Рис. 1 – Эскизы деталей: а – для высадки в полость матрицы; б – для высадки в полость пуансона

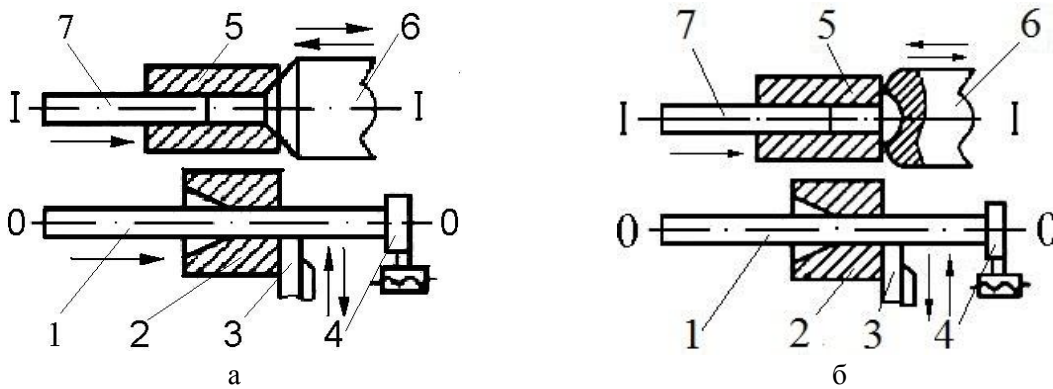


Рис. 2 – Схемы высадки заклепок: а – с потайной головкой в полость матрицы; б – с полукруглой головкой в полость пуансона: 1 – проволока; 2 – отрезная матрица; 3 – нож; 4 – упор; 5 – высадочная матрица; 6 – пуансон; 7 – выталкиватель; 0-0 – позиция отрезки; I-I – позиция высадки

Предельная степень деформации проволоки *ВСвА99М 5,00хБР* за один переход составляла  $[\varepsilon] = 90\%$  [5].

Устойчивость заготовки при деформации определяли по соответствию неравенству [8]:

$$l/d \leq 2,5. \quad (3)$$

На рис. 3 представлена циклограмма работы ХВА А111А при высадке детали «заклепка 5x50,00 ГОСТ 10300-80» в полость матрицы.

При общей длине заклепки  $L = 50$  мм и высоте головки  $h = 3$  мм расчетная длина высаживаемой части заготовки равна  $l = 7$  мм, длина всей заготовки  $(50 - 3 + 7) = 54$  мм, а рабочий ход ползуна  $(54 - 50) = 4$  мм, что соответствует углу поворота маховика  $z = 8^\circ$ . Графики допускаемых сил на ползуне автомата указывают, что на участке от  $172$  до  $180^\circ$  допускаемая сила на ползуне возрастает от 1 МН и выше. Рассчитанная по формуле (1) сила высадки составляет 0,44 МН. Степень деформации головки, определенная из соотношения (2), равна 57%, то есть меньше 90% и, следовательно, допустима высадка головки за 1 переход. Устойчивость деформирования заготовки будет обеспечена, так как  $l/d = 1,4$ , что удовлетворяет неравенству (3).

Перед рабочим ходом пуансон должен заготовку длиной 54 мм затолкнуть в матрицу на глубину 50 мм и высадить в полость матрицы головку заклепки высотой  $h = 3$  мм при длине рабочего хода ползуна 4 мм. Следовательно, до начала заталкивания, то есть при угле  $z = (180 - 108) = 72^\circ$  (54 мм хода ползуна с пуансоном соответствуют  $z = 108^\circ$ ), а с учетом угла предвари-

ния  $w = 16^\circ$  при угле  $z = 56^\circ$ , заготовка должна быть отрезана от проволоки и подана на позицию матрицы (соосно оси высадки). Эти операции осуществляются подвижным ножом за время, при котором маховик повернется на угол  $z = 40^\circ$ , то есть отрезка заготовки начнется при  $z = 56 - 40 = 16^\circ$ . Кроме того, заготовка должна удерживаться на позиции матрицы подвижным ножом почти до начала рабочего хода ползуна. Вследствие этого подвижный нож начинает отход в исходное положение лишь при  $z = 170^\circ$  и заканчивает его при  $z = 210^\circ$ .

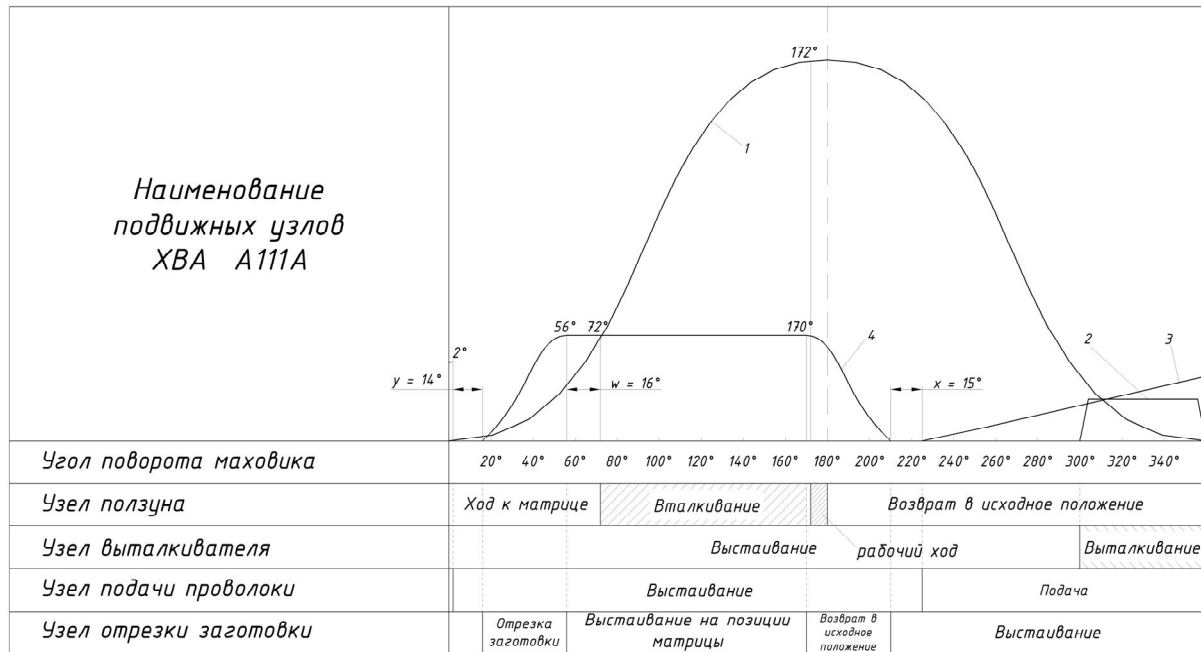


Рис. 3 – Циклограмма работы ХВА А111А для высадки заклепки с потайной головкой и графики перемещения и выстаивания: 1 – ползуна; 2 – выталкивателя; 3 – подающих роликов; 4 – отрезного ножа

Для отрезки заготовки ножом проволоку следует подать парой роликов в ХВА на длину  $L = 54$  мм, что соответствует  $z = 137^\circ$ . С учетом угла предварения  $y = 14^\circ$  окончание подачи должно произойти при угле  $z = 16 - 14 = 2^\circ$ , а начало при угле  $z = 2 + (360 - 137) = 225^\circ$  предшествующего цикла высадки. Угол предварения перед началом отрезки заготовки будет равен  $x = 225 - 210 = 15^\circ$ .

Выталкивание отштампованной детали из матрицы, исходя из требований техники безопасности, должно происходить при холостом ходе ползуна, т.е. при его отводе в крайнее заднее положение на расстояние от матрицы не менее длины детали. Кроме того, поскольку совмещать операции выталкивания заклепки и отрезки заготовки нецелесообразно из-за возрастания требуемой энергии на одновременную отрезку и деформирование, операцию отрезки сместили относительно операции выталкивания. На циклограмме выталкиватель начинает выталкивать деталь из матрицы при  $z = 300^\circ$  и после выстаивания возвращается в исходное положение при  $z = 360^\circ$ .

Приведенная технология и циклограмма показывают, что высадка стандартной крепежной детали на ХВА А111А с максимальной длиной в соответствии с паспортом оборудования обеспечивается без приложения максимальной силы высадки и предполагает углы предварения на уровне верхних значений рекомендуемого диапазона. Из этого следует, что принципиально возможно увеличить максимальный размер, в частности, длину штампуемой детали. Однако деталь длиной более 50 мм, размещенную в полости цельной матрицы, невозможно извлечь выталкивателем. В связи с этим, увеличение длины детали возможно только за счет ее деформирования в полость пуансона с одновременным уменьшением значений углов предварения из-за роста абсолютных перемещений подвижных узлов автомата.

Заклепку с потайной головкой высадить в полость пуансона невозможно, поэтому с целью минимального изменения технологии форму заклепки изменили в соответствии с рис. 1, б. В этом случае остался неизменным объем металла головки, диаметр стержня и головки, а также

ее высота. Изменили лишь длину детали, увеличив ее стержень на 3 мм и разместив его с противоположного торца головки, чтобы головку можно было высадить в полость пуансона и извлечь из этой полости. На рис. 4 представлена циклограмма работы ХВА А111А при высадке заклепки в полость пуансона.

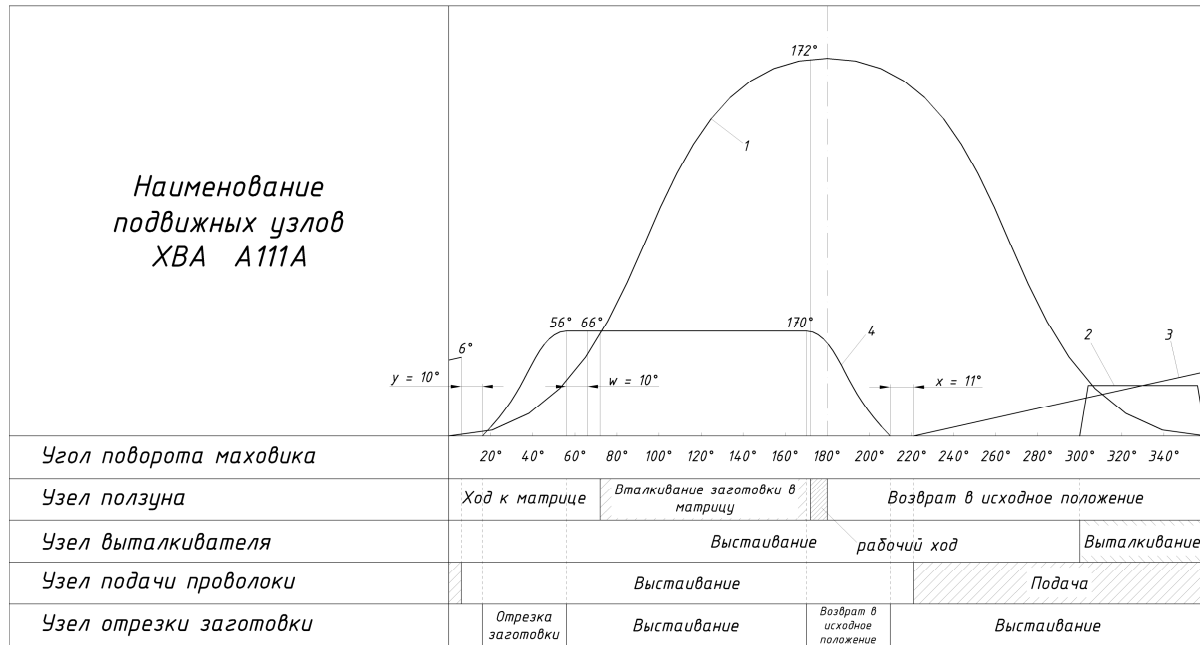


Рис. 4 – Циклограмма работы ХВА А111А для высадки заклепки в полость пуансона из заготовки длиной 57 мм и высотой головки 3 мм (обозначения см. на рис. 3)

Для высадки заклепки с длиной стержня 50 мм и высотой головки 3 мм расчетная длина заготовки равна  $L = 57$  мм, а рабочий ход ползуна такой же, как и при высадке потайной головки (рис. 3):  $57 - 50 - 3 = 4$  мм, что соответствует углу поворота маховика  $z = 8^\circ$ .

В отличие от циклограммы, представленной на рис. 3, перед началом рабочего хода пуансон должен: а) упереться дном своей полости в верхний торец заготовки длиной  $L = 57$  мм; б) затолкнуть заготовку в матрицу на глубину 50 мм; в) высадить на длине хода ползуна 4 мм головку заклепки высотой  $h = 3$  мм в полость пуансона. Исходя из большей длины заготовки, торец пуансона окажется на уровне торца заготовки при угле  $z = (180 - 114) = 66^\circ$  (57 мм хода ползуна с пуансоном соответствуют  $z = 114^\circ$ ), а с учетом уменьшенного угла предварения  $w = 10^\circ$  – при  $z = 56^\circ$ . Однако заталкивание заготовки начнется после упора дна полости пуансона в торец заготовки, что произойдет при перемещении пуансона в сторону матрицы еще на 3 мм, то есть при угле  $z = 66 + 6 = 72^\circ$ . Отрезка заготовки начнется при  $z = 56 - 40 = 16^\circ$ . Подвижный нож начнет отход в исходное положение при  $z = 170^\circ$  и закончит при  $z = 210^\circ$ .

Подача проволоки в ХВА на длину 57 мм происходит при повороте маховика на угол  $z = 145^\circ$ . С учетом угла предварения  $y = 10^\circ$  окончание подачи произойдет при  $z = 16 - 10 = 6^\circ$ , а начало при угле  $z = 6 + (360 - 145) = 221^\circ$  предшествующего цикла высадки. Последний из углов предварения будет равен  $x = 221 - 210 = 11^\circ$ , что соответствует диапазону допустимых значений.

Таким образом, расположение формообразующей полости в пуансоне, корректировка углов предварения и моментов включения-выключения подвижных узлов ХВА А111А позволило на 6% увеличить максимальную длину штампуемой детали.

При увеличении максимальной длины детали еще на 1 мм (за счет роста высоты головки до 4 мм) высаживаемая длина заготовки возрастает до  $l = 9,3$  мм, рабочий ход пуансона начинается при  $z = 162,5^\circ$ , когда допустимая сила высадки на ползуне составляет 0,61 МН и определяется прочностью зубчатой передачи. Однако суммарная величина трех углов предварения уменьшается до  $\Sigma z = 22^\circ$ , т. е. менее  $8^\circ$  для каждого угла, что недопустимо по требованиям техники безопасности.

**Выводы**

1. Паспортные характеристики одноударных холодновысадочных автоматов не в полной мере определяют технологические возможности этого оборудования, которые зависят также от схемы деформации и кинематических особенностей работы подвижных узлов ХВА.

2. Максимально возможная длина заготовок должна обеспечить возможность их отрезки от проволоки и передачи на позицию перед матрицей за время, в течение которого ползун ХВА переместится к матрице на расстояние до нее, равное или превышающее длину заготовки.

3. Высадка в полость пуансона при минимальных углах предварения позволяет увеличить максимальную длину штампуемых деталей на 6%.

**Список использованных источников:**

1. Свистунов В.Е. Кузнечно-штамповочное оборудование. Кривошипные прессы : учебное пособие / В.Е. Свистунов. – М. : МГИУ, 2008. – 698 с.
2. Василишин С.А. Кузнечно-прессовое оборудование для изготовления изделий из проволоки / С.А. Василишин. – Хмельницкий : ТУП, 2000. – 260 с.
3. Машиностроение : в 40 т. : энцикл. / гл. ред. К.В. Фролов; ред. П.Н. Белянин [и др.]. – М. : Машиностроение, 2005. – Т. 4-4 : Машины и оборудование кузнечно-штамповочного и литейного производства / ред. сост.: Ю.А. Бочаров, И.В. Матвеев; отв. ред. И.Н. Жесткова. – 2005. – 926 с.
4. Плеснецов Ю.О. Ковальсько-штампувальне обладнання. Механічні преси / Ю.О. Плеснецов, В.О. Маковей. – Харків. : НТУ «ХПІ», 2014. – 236 с.
5. Кришкін Б.Б. Холодне об'ємне штампування : Навчально-методичний посібник / Б.Б. Кришкін. – Кіровоград : КНТУ, 2010. – 120 с.
6. Норицын И.А. Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки / И.А. Норицын, В.П. Власов. – М. : Машиностроение, 1967. – 314 с.
7. Анищенко А.С. Построение циклограмм работы холодновысадочного автомата / А.С. Анищенко. – Мариуполь : ПГТУ, 2015. – 32 с.
8. Ковка и штамповка / Под ред. Г.А. Навроцкого. – М. : Машиностроение, 1987. – 384 с. – (Холодная объемная штамповка : справочник : в 4-х т.; Т. 3).

**Bibliography:**

1. Svistunov V.E. Forging and stamping equipment. Crank press : tutorial / V.E. Svistunov. – M. : MGIU, 2008. – 698 p. (Rus.)
2. Vasilishin S.A. Forging and stamping equipment for the manufacture of wire products / S.A. Vasilishin. – Khmelnytskyi : TUP, 2000. – 260 p. (Rus.)
3. Engineering : in 40 t. : encyc. / chief ed. K.V. Frolov; ed. P.N. Belyanin [et al.]. – M. : Mechanical engineering, 2005. – T. 4-4 : Machinery and equipment blacksmithing, forge and foundry / red.-comp.: Y.A.Bocharov, I.V. Matvienko; executive ed. J.H. Zhestkova. – 2005. – 926 p. (Rus.)
4. Plesnetsov Y.A. Forging and stamping equipment. Mechanical presses / Y.A. Plesnetsov, V.O. Makovey. – Kharkiv : NTU «KhPI». – 2014. – 236 p. (Ukr.)
5. Krishkin B.B. Cold die forging : Textbook / B.B. Krishkin. – Kirovograd : KNTU, 2010. – 120 p. (Ukr.)
6. Noritsin I.A. Automation and mechanization of technological processes of forging and stamping / I.A. Noritsin, V.P. Vlasov. – M. : Mashinostroenie, 1967. – 314 p. (Rus.)
7. Anishchenko A.S. Cyclograms construction work machine for cold heading / A.S. Anishchenko. – Mariupol : PGTU, 2015. – 32 p. (Rus.)
8. Forging and stamping / Edited by G.A. Navrotskyi. – M. : Mashinostroenie, 1987. – 384 p. – (Cold forging : reference book : in 4 vols.; V. 3). (Rus.)

Рецензент: С.С.Самотугин  
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 26.02.2016