

гою штовхача 4, який приводиться у рух виштовхувачем преса і повертає плунжер 2 в вихідне положення.

### **Висновки.**

1. Розроблені схеми холодного видавлювання з протитиском порожнин в заготовках з малопластичних металів та сплавів. Відмінність їх від існуючих полягає в створенні величини диференційованого протитиску в процесі холодного формоутворення. Величина протитиску змінюється при формозміні: від нуля на початку процесу і збільшується по мірі росту використання ресурсу пластичності zdeформованого металу, що забезпечує деформування при зменшених силових режимах.

2. Удосконалені та розроблені нові конструкції штампів для холодного видавлювання виробів з мало пластичних штампових і інструментальних сталей в умовах дії диференційованого протитиску на заготовку.

3. Холодним видавлюванням з протитиском отримані порожнисті вироби складної конфігурації з інструментальних і штампових сталей.

**Список літератури:** 1. А.И. Хыбемяги, П.С. Лернер. Выдавливание точных заготовок деталей штампов и пресс-форм. – М.: Машиностроение, 1986. – 150 с. 2. Некоторые вопросы больших пластических деформаций металлов при высоких давлениях / Б. И. Береснев, Л. Ф. Верещагин, Ю. Н. Рябинин и др. – М.: Изд-во АН УССР, 1960. – 80с. 3. Механические свойства материалов под высоким давлением. Под ред. Х.Л. Пью. Том 1. – М.: Изд-во «Мир», 1973. – 296. 4. Деформации металлов жидкостью высокого давления / В. И. Уральский, В. С. Плахотин, Н. И. Шефтель и др. – М.: Металлургия, 1976. – 423с. 5. В. А. Белошенко, В.Н. Варюхин, В.З. Спусканюк. Теория и практика гидроэкструзии. – К.: Наукова думка, 2007. – 246 с. 6. Ю. Ф. Черный, П. Е. Шмальц, Н. А. Шмальц и др. О некоторых способах и устройствах для холодного гидростатического выдавливания формообразующих полостей штампов и пресс-форм. / Физика и техника высоких давлений. Вып. 9. 1982р. С.14-18. 7. Штмп для виготовлення порожнин в заготовках з важкодеформуючих матеріалів: пат. України №40973: МПК В21J13/02 / Калюжний В. Л., Калюжний О. В., Піманов В. В., Паляничко Є. М.; Заявник і патентовласник НТУУ „КПІ”; Опубл. 27.04.2009, бюл. № 8.

**УДК 621.98.04.**

**МОВШОВИЧ А.Я.**, докт. техн. наук, професор, НТУ «ХПИ»

**КОЧЕРГИН Ю.А.**, зам. начальника, «Харьков Стандарт Метрология»

### **ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА МАТРИЦЕДЕРЖАТЕЛЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГИБОЧНЫХ ШТАМПОВ**

Рассмотрены конструктивно-технические решения, обеспечивающие устойчивость технологических параметров специализированных переналаживаемых штампов для гибки деталей. Получены аналитические зависимости для определения угла наклона сопрягаемых элементов конструкции и перемещения полуматриц в зависимости от величины действующих усилий штамповки.

Були розглянуті конструктивно-технічні рішення, що забезпечують сталість технологічних параметрів спеціалізованих штампів для гнуття деталей, що пере налаштовуються. Отримані аналітичні залежності для визначення кута нахилу сполучених елементів конструкції та переміщення напівматриць залежно від величини діючих зусиль штампування.

The constructive and technical solutions that ensure stability of technological parameters of special reconfigurable bending dies are considered. The analytic dependences for calculations of gradient angle of conjugate elements and movement of semi matrixes depending on value active deforming force are got.

### **Состояние вопроса**

Постоянное уменьшение объемов выпускаемых партий и более быстрое обновление продукции в условиях рыночной экономики заставляет более тщательно анализировать затраты на штамповую оснастку, сроки ее изготовления, время производственного цикла изготовления изделий, их себестоимость.

Если прежде сравнительно высоки затраты на технологическую оснастку можно было, не задумываясь, оправдать большими объемами выпуска и длительными сроками службы изделий, то в условиях перехода к рыночным методам хозяйствования это уже невозможно. В тоже время к качеству деталей предъявляются повышенные требования.

С другой стороны расходы связаны с изготовления технологической оснастки (штампы, прессформы, приспособления, не стандартизированное оборудование) составляют 75-80% всех затрат на технологическую подготовку производства. Это в полной мере относится к формообразующим операциям листовой штамповки.

В 2005-2009 г.г. в листоштамповочных цехах предприятий машиностроения изготовлено свыше 438 тыс. деталей, в которых выполнялось 15150 млн. гибочных операций/год.

Гибочные операции применяются при изготовлении 40-45% деталей, полученных листовой штамповкой.

Учитывая, что затраты на проектирование и изготовление штамповой оснастки в общем балансе затрат на технологическую подготовку производства достигают 35-40%. Необходим поиск и создание новых видов штампов, в т.ч. для выполнения операций гибки, эффективных в условиях дискретно-нестабильных программ выпуска изделий при мелкосерийном и серийном характере производства.

Такая оснастка должна сочетать в себе основные преимущества, с одной стороны, специальных инструментальных штампов, удовлетворяющих требованиям крупносерийного и серийного производства, с другой стороны – переналаживаемых и универсально-сборных, существенно сокращающих сроки и мобильность технологической подготовки производства в условиях единичного и мелкосерийного производства [2].

Такими видами штамповой оснастки для выполнения гибочных операций являются специализированные переналаживаемые штампы (СПШ), в основу которых положен модульный принцип построения, собираемые на базе унифицированных узлов и сменных элементов: блоков, пакетов, подающих устройств и др.

Они обладают высокой производительностью, достаточной надежностью и долговечностью, обеспечивают удобство и безопасность при эксплуатации, являются обратимыми, т.е. позволяют использовать основные элементы и узлы конструкций при смене объектов производства.

### **Конструктивные особенности СПШ.**

На рис. 1 представлена базовая конструкция сменного переналаживаемого пакета, предназначенного для двухугловой гибки деталей, точностные параметры которых заданы только точностными параметрами размеров.

Пакет содержит многократноприменяемые детали конструктивного характера: матрицедержатель 1, раздвижные полуматрицы 2, позволяющие производить бесступенчатую регулировку рабочего размера, вкладыши 3 полу-матриц 2, обеспечи-

вающие возможность применения любого из четырех рабочих радиусов, передвижные установочные планки 4 и фиксирующие рамки 5 для ориентации заготовок, специальные регулировочные винты 6, стяжные болты 7 с зажимными гайками 8, выталкиватель-прижим 9, соединенный с толкателем 10, действующие от буферного устройства прессы, держатель 11. Фиксация пакета на базовых плитах блока производится с помощью установочных шпонок 12, 19.

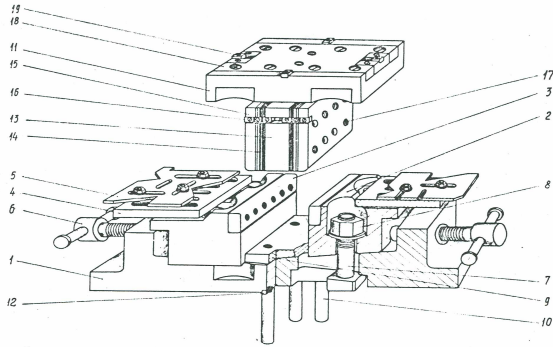


Рис.1 базовая конструкция сменного переналаживаемого пакета.

1 – матрицедержатель; 2 – полуматрица; 3 – вкладыш; 4 – планка установочная; 5 – рамка фиксирующая; 6 – винт регулировочный; 7 – болт стяжной; 8 – гайка; 9 – выталкиватель-прижим; 10 – толкатель; 11 – держатель; 12 – шпонка установочная; 13 – основание пуансона; 14 – пластина регулировочная; 15 – пластина боковая; 16 – шпонка; 17 – винт; 18 – пластина прижимная; 19 – шпонка установочная.

Отличительной особенностью конструкции является то, что контактирующие поверхности полуматриц 2 и матрицедержателя 1, а также поверхности головок стяжных болтов 7 и сопрягаемые с ними опорные поверхности, ограничивающие пазы матрицедержателя, выполнены наклонными с углом наклона  $6^\circ$ . При этом полуматрицы 2 сохраняют в процессе штамповки свое первоначальное положение не только за счет сил трения между их опорными поверхностями и матрицедержателя 1, но и за счет сопротивления стяжных болтов растяжению.

В состав базовой конструкции сменного переналаживаемого пакета входит наборной пуансон, закрепляемый в держателе 11.

Пуансон состоит из следующих основных элементов: основания 13, набора сменных регулировочных пластин 14, боковых пластин 15. Фиксируются пластины с помощью шпонок 16, а закрепление их на основании производится винтами 17.

Регулировочные пластины 14 пуансона имеют десять исполнений по толщине (от 0,3 до 2,5 мм), а боковые пластины 15 отличается различными исполнениями (от 1 до 5 мм) рабочих радиусов.

Закрепление основания пуансона 13 в держателе производится с помощью прижимной пластины 18. Для установки пуансонов различных исполнений в держателе предусмотрены сменные переходные вставки.

На основе базовой конструкции разработаны сменные переналаживаемые пакеты, обеспечивающие изготовление деталей не только с заданными точностными параметрами размеров, но и с заданными допусками расположения и формы поверхностей.

#### **Расчетно-аналитическое исследование.**

Анализ конструктивных решений, обеспечивающих устойчивость технологических параметров переналаживаемых гибочных штампов с раздвижными полуматрицами в процессе штамповки и создание на его основе конструктивного технического решения, существенным отличием которого является выполнение сопрягаемых поверхностей матрицедержателя и полуматриц наклонными с направлением наклона к поперечной оси штампа, определили необходимость проведения исследований, на-

правленных на определение величины угла наклона матрицедержателя и его влияния на устойчивость технологических параметров СПШ.

При анализе силовых воздействий на элементы переналаживаемых гибочных штампов [1] было выявлено, что максимальное значение горизонтальная составляющая усилия штамповки, вызывающая опрокидывающий момент и сдвигающая полуматрицы, приобретает во второй стадии процесса двухугловой гибки.

В процессе штамповки на полуматрицу действует сдвигающее усилие в виде горизонтальной составляющей усилия гибки, усилие затяжки болтов и силы трения между сопрягаемыми наклонными поверхностями полуматриц и матрицедержателя. Возникающая сила трения прямо пропорциональна величине нормального давления. На рис. 2 представлена принципиальная расчетная схема узла крепления полуматрицы.

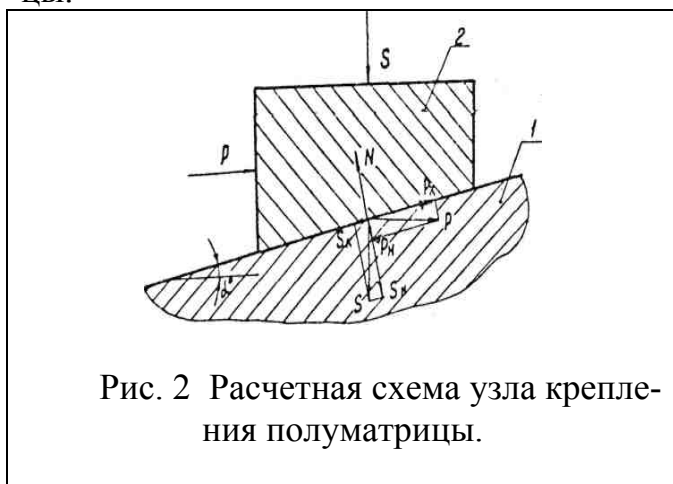


Рис. 2 Расчетная схема узла крепления полуматрицы.

В силу симметричности конструкции рассмотрим равновесное состояние только правой полуматрицы 2.

Горизонтальную составляющую усилия гибки  $P$  и усилия затяжки болтов  $S$  можно разложить на составляющие, направленные по касательной и нормально к поверхности матрицедержателя

$$\begin{aligned} P_k &= P \cdot \cos\alpha & P_n &= P \cdot \sin\alpha \\ S_k &= S \cdot \sin\alpha & S_n &= S \cdot \cos\alpha \end{aligned}$$

За счет нормальной составляющей усилия затяжки болтов и нормальной составляющей усилия штамповки возникает сила трения, препятствующая сдвигу полуматрицы и направленная в сторону противоположную сдвигающему усилию.

При движении полуматрицы по матрицедержателю вверх сила трения  $F_{тр}$  направлена в сторону противоположную движению и равна

$$F_{тр} = kN, \quad \text{где } k \text{ – коэффициент трения.}$$

Движение полуматрицы вверх возможно, если

$$P_k \geq F_{тр} + S_k, \quad P \cdot \cos\alpha > kN + S \cdot \sin\alpha \quad (1)$$

Величина нормального давления  $N$  складывается из составляющих  $P_n$  и  $S_n$

$$N = P_n + S_n = P \cdot \sin\alpha + S \cdot \cos\alpha \quad (2)$$

Соотношение между силами  $P$  и  $S$ , при котором возможно движение полуматрицы вверх имеет вид

$$\begin{aligned} P \cdot \cos\alpha &\geq k \cdot P \cdot \sin\alpha + k \cdot S \cdot \cos\alpha + S \cdot \sin\alpha \\ P (\cos\alpha - k \cdot \sin\alpha) &\geq S (\sin\alpha + k \cdot \cos\alpha) \\ P \cdot \frac{\cos\alpha - k \cdot \sin\alpha}{\sin\alpha + k \cdot \cos\alpha} &\geq S \end{aligned} \quad (3)$$

Движение полуматриц по матрицедержателю вниз возможно при условии

$$P_k \leq S_k - F_{тр}, \quad P \cdot \cos\alpha \leq S_k \cdot \sin\alpha - kN \quad (4)$$

Величина нормального давления  $N$ , как и в первом случае, равна

$$N = P \cdot \sin\alpha + S \cdot \cos\alpha \quad (5)$$

Подставляя ее в уравнение (4) получим условие, при котором возможно движение полуматрицы по матрицедержателю вниз

$$P \cdot \cos\alpha \leq S \cdot \sin\alpha - k \cdot P \cdot \sin\alpha - k \cdot S \cdot \cos\alpha$$

$$P \leq S \cdot \frac{\sin \alpha - k \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha + k \cdot \sin \alpha} \quad (6)$$

Анализ неравенств (3) и (6) показывает, что при стационарном значении условий  $P$  и  $S$  равновесие системы зависит от величины угла  $\alpha$ .

Рассмотрим при каких значения угла  $\alpha$  невозможно движение полуматрицы вверх и при каком угле  $\alpha$  возможно движение полуматрицы вниз.

Условие невозможности движения полуматрицы по матрицедержателю вверх имеет вид

$$S \geq P \cdot \frac{\cos \alpha - k \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha + k \cdot \cos \alpha} \quad (7)$$

При любом сколь угодно малом  $P$  и сколь угодно большом  $S$  такое неравенство возможно в случае, если

$$\frac{\cos \alpha - k \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha + k \cdot \cos \alpha} \leq 0$$

Для  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$  следует, что

$$\cos \alpha - k \cdot \sin \alpha < 0, \quad \text{т.е. } \operatorname{tg} \alpha > \frac{1}{k}$$

Тогда при  $k = 0,1$   $\alpha > 84^\circ 18'$

При такой величине угла, даже в случае отсутствия усилия затяжки и сколь угодно большой распирающей силы, движение полуматрицы по матрицедержателю вверх не происходит.

Условие невозможности движения полуматрицы по матрицедержателю вниз при большой величине сжимающей силы  $S$  и малой величине горизонтальной составляющей усилия штамповки  $P$  имеет вид

$$P \geq S \cdot \frac{\sin \alpha - k \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha + k \cdot \sin \alpha}, \quad (8)$$

откуда

$$\sin \alpha - k \cdot \cos \alpha < 0, \quad \text{т.е. } \operatorname{tg} \alpha < k$$

Для  $k = 1$   $\alpha < 5^\circ 54'$

Численное значение силы  $P_0$ , начиная с которого нарушается равновесие системы и происходит сдвиг полуматрицы относительно матрицедержателя, определяется по формуле

$$P_0 = S \cdot \frac{\sin \alpha + k \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha - k \cdot \sin \alpha} \quad (9)$$

Так как каждая полуматрица крепится двумя стягивающими болтами то  $S = 2 \cdot S_{з.б.}$ , где  $S_{з.б.}$  – усилие предварительной затяжки болтов.

При условии, что  $P > P_0$  происходит растяжение болтов и удлинение их на величину  $\Delta \ell$ .

$$\Delta \ell = \frac{S' \cdot l}{E \cdot F} \quad (10)$$

где  $S'$  – сила растяжения болтов;

$l$  – длина болта в мм;

$E$  – модуль упругости.

$F$  – площадь поперечного сечения болта.

Сила  $S$  действует на матрицедержатель как дополнительная сжимающая сила и в этом случае зависимость между горизонтальным перемещением  $L$  ( $\Delta \ell = L \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ) и величиной силы  $P$  примет вид

$$P = 2 \cdot (S_{3.6} + \frac{L \cdot E \cdot F}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \frac{\sin \alpha + k \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha - k \cdot \sin \alpha} \quad (11)$$

### **Выводы:**

С целью проверки достоверности результатов аналитического исследования по определению величины угла наклона матрицедержателя и его влияния на устойчивость технологических параметров СПШ для гибки, были проведены экспериментальные исследования с применением методов моделирования и тензометрирования, с последующей проверкой полученных результатов методом фотоупругости.

При этом установлено:

- уменьшение величины отклонения полуматриц от исходного положения при приложении горизонтальной составляющей усилия штамповки происходит при увеличении угла наклона на  $6^0$ , который и реализуется как рациональный при разработке конструкции;
- применение угла наклона сопрягаемых поверхностей матрицедержателя свыше  $6^0$  нецелесообразно, так как, практически, не влияет на сдвиг полуматриц в процессе штамповки;
- достижение устойчивости технологических параметров специализированных переналаживаемых штампов для гибки деталей обеспечивается использованием технического решения, при котором сопрягаемые поверхности матрицедержателя и раздвижных полуматриц выполнены наклонными с направлением наклона к поперечной оси штампа;
- оптимальным углом наклона, сопрягаемых поверхностей является угол  $\alpha = 5^054'$ .

**Список литературы:** 1. Мовшович А.Я., Кочергин Ю.А., Буденный М.М.. К вопросу влияния конструктивно-технологических факторов на усилие штамповки при П-образной гибке. – Высокие технологии в машиностроении: НТУ "ХПИ", – Харьков, 2009. – вып.2 (19). – с. 109-116.  
2. Мовшович А.Я. Система универсально-сборных штампов для листовой штамповки. – М.:Машиностроение, 1977. – 177 с.

### **УДК 621.98**

**БАЛАЛАЕВА Е.Ю.**, асп., асс., ПГТУ, г. Мариуполь

**КУХАРЬ В.В.**, канд. техн. наук, НМетАУ, ПГТУ, г. Мариуполь

### **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА КОЛЬЦЕВЫХ УПРУГИХ КОМПЕНСАТОРОВ ПОГРЕШНОСТЕЙ СИСТЕМЫ «ПРЕСС-ШТАМП»**

Рассмотрена работа кольцевых упругих компенсаторов погрешностей системы «пресс-штамп». Разработана методика расчета компенсаторов, включающая расчет усилия сжатия при технологических операциях, вычисление коэффициента формы и определение геометрических параметров кольцевого компенсатора, расчет его формоизменения при сжатии и определение участков склеивания с защитными пластинами.

Ключевые слова: Компенсатор, система «пресс-штамп», осадка, перекокс ползуна, неравномерная деформация

Розглянута робота кільцевих пружних компенсаторів похибок системи «прес-штамп». Розроблена методика розрахунку компенсаторів, яка включає розрахунок зусилля стискання при технологічних операціях, розрахунок коефіцієнта форми та визначення геометричних параметрів