

УДК 621.981.

**Кочергин Ю. А.  
Мовшович А. Я.  
Фролов Е. А.**

## **ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ И ТОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ П-ОБРАЗНОЙ ГИБКЕ**

Гибка является одной из наиболее распространенных формоизменяющих операций холодной штамповки, которая широко используется для получения разнообразных деталей из листового материала, профильного проката, труб и проволоки. Операция гибки характеризуется относительным поворотом части заготовки вокруг некоторой линии, называемой линией гиба.

В листоштамповочных цехах предприятий машиностроительной отрасли в 2005–2009 гг. изготавливалось свыше 438 тыс. наименований деталей с количественным выполнением 15150 млн гибочных детапеопераций в год. При этом номенклатура (по наименованиям) в мелкосерийном производстве составляет от общего количества 63 %. Ежегодное обновление номенклатуры деталей составляет 20–25 % при среднегодовом приросте количественного выпуска до 2,5–3,0 %.

Гибочные операции применяются при изготовлении 45 % деталей, получаемых листовой штамповкой. Наибольшую (64 %) по наименованиям и количеству деталей этой номенклатуры представляют детали с габаритами по длине от 20 до 300 мм и толщиной от 0,5 до 0,8 мм. Максимальный радиус гибки деталей этой группы не превышает 50 мм.

Основным видом прессового оборудования, служащего для изготовления деталей этой группы, является кривошипные прессы листовой штамповки усилием 250–2500 КН.

Детали с заданными точностными параметрами в пределах 9–12 квалитетов составляют 25–36 % от номенклатуры гнутых деталей изделий машиностроительной отрасли, включая изделия спецтехники; с заданными допусками на расположение поверхностей и шероховатости поверхностей соответственно 24 % и 15 %.

Анализ применяемой технологической оснастки показал, что до 80 % всех гибочных штампов, применяемых на предприятиях машиностроительных отраслей, в т. ч. для изготовления специальной техники, являются стационарными штампами неразборного типа не рассчитанные на повторное использование при смене объектов производства.

В условиях мелкосерийного производства 2–3 % гибочных операций выполняется с применением универсально-сборных штампов и до 80 % изготавливается слесарно-механической обработкой. Точность изготовления таких деталей не выше 5 квалитета, что вызывает необходимость введения в техпроцесс сборки подгоночных операций.

На предприятиях с серийным характером производства до 20 % гнутых деталей изготавливается с применением штампов блочно-пакетного типа, в которых 70 % трудоемкости изготовления приходится на специальный пакет. Точность изготовления при этом находится в пределах 7 квалитета.

Учитывая, что затраты на проектирования и изготовление штамповой оснастки в общем балансе затрат на технологическую подготовку производства составляют до 60–75 %, необходим поиск и создание нового вида технологической оснастки для выполнения операций высокоточной гибки деталей в условиях мелкосерийного и серийного производства [1–3].

Целью работы является исследование возможности сокращения сроков технологической подготовки производства и повышение точности выполнения гибочных операций за счет применения специализированных переналаживаемых гибочных штампов.

Конструктивно-технологические особенности специализированных переналаживаемых гибочных штампов (СГШ). Сущность разработанного вида штамповой оснастки заключается в том, что для получения заданной детали или выполнения необходимой технологической операции не требуется проектировать и изготавливать рабочие части, т. к. конструкции

сменных переналаживаемых пакетов, устанавливаемых в универсальные блоки, позволяют производить в широком диапазоне бесступенчатую настройку их формоизменяющих элементов на заданный рабочий размер и угол гибки. При этом заданные точностные параметры изготавливаемых деталей обеспечиваются следующими конструктивными особенностями:

- конструкцией матрицедержателя, обеспечивающей устойчивость технологических параметров штампов в процессе выполнения операции гибки (сохранение положения раздвижных полуматриц приложении горизонтальной составляющей усилия);
- допуском расположения поверхностей – конструкции регулируемых формоизменяющих элементов штампов, обеспечивающих перегиб полок деталей на расчетный угол, учитывающий пружинение штампуемой заготовки;
- допуском формы поверхностей – конструкцией раздвижных полуматриц и пуансонов, обеспечивающих калибровку полок деталей с учетом величин контактного давления и его распределения по зонегиба.

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

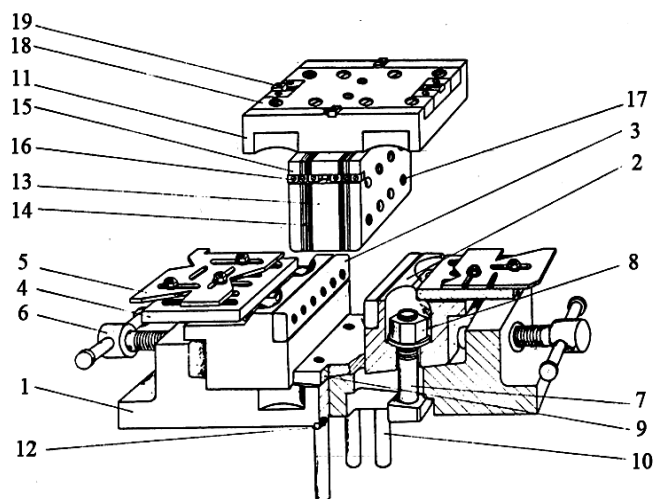


Рис. 1. Базовая конструкция сменного переналаживаемого пакета:

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

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 отличаются различными исполнениями (от 1 до 5 мм) рабочих радиусов.

Пакет содержит многократно-применяемые детали конструктивного характера: матрицедержатель 1, раздвижные полуматрицы 2, позволяющие производить бесступенчатую регулировку рабочего размера, вкладыши 3 полуматриц 2, обеспечивающие 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, действующим от буферного устройства прессы, держатель 11. Фиксация пакета на базовых плитах блока производится с помощью установочных шпонок 12, 19.

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

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 поверхности.

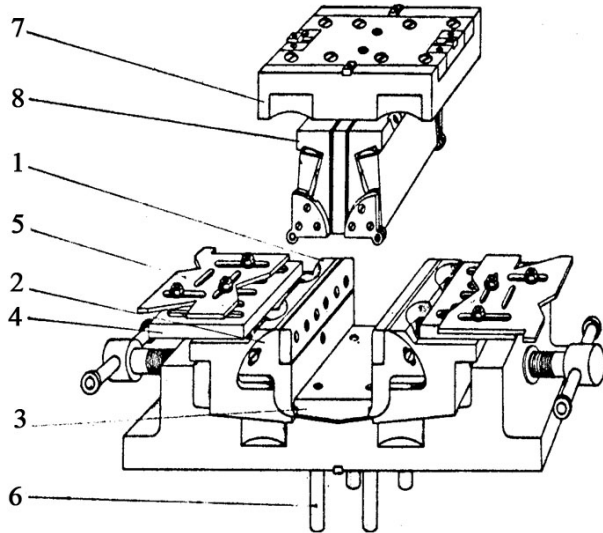


Рис. 2. Сменный переналаживаемый пакет для двухугловой гибки деталей с заданными точностными параметрами расположения и формы поверхностей:

1 – полуматрица;                                        2 – вкладыш;  
3 – выталкиватель-прижим;                    4 – ограничитель;  
5 – планка; 6 – рамка фиксирующая; 7 – выталкиватель;  
8 – держатель

Сменный пакет для двухугловой гибки, в котором конструкция полуматриц и пуансона позволяет осуществлять перегиб полок детали на расчетный угол с одновременной их калибровкой показан на рис. 2.

От базовой конструкции пакет отличается наличием, установленных в полуматрицах 1, дополнительных рабочих элементов, выполненных в виде вкладышей 2, каждая из которых контактирует с полуматрицей по двум опорным цилиндрическим концентричным поверхностям. Поворот вкладышей при перегибе деталей осуществляется выталкивателем-прижимом 3, взаимодействующим в конце хода ползуна прессы с кулачками вкладышей 2. На боковых поверхностях вкладыша имеются пазы, ограничивающие его ход при помощи ограничителей 4.

Аналогично базовой конструкции применяются передвижные планки 5, фиксирующие рамки 6 и выталкиватели 7.

Комплектно с пакетом применяется держатель 8, используемый для установки универсального пуансона 9, обеспечивающего возможность перегиба деталей с учетом пружинения штампуемого материала.

Методика и результаты исследования. Для проведения исследований износа формообразующих элементов специализированных переналаживаемых гибочных штампов был изготовлен комплект сменных формообразующих элементов.

Испытания проводились при штамповке П-образных деталей как из мягкой, хорошо обрабатываемой стали Ст 3, так и из труднодеформируемой 1X18H10T.

В качестве материала для формообразующих элементов использовалась инструментальная конструкционная сталь У8А, термообработанная до твердости 54–62 HRC. Толщина штампуемого материала варьировалась в пределах 4–8 мм.

Величина одностороннего зазора  $z$  между сменными вкладышами гибочной матрицы и пластинами гибочного пуансона рассчитывалась по формуле:

$$Z = (S + \Delta + cS),$$

где  $S$  – толщина заготовки, мм;

$\Delta$  – верхнее отклонение допуска на толщину заготовки, мм;

$c$  – коэффициент, учитывающий уменьшение трения изгибаемой стали о рабочую поверхность матрицы.

Для нашего случая (толщина материала 4–8 мм, ширина заготовки по линии гибким – 50 ÷ 150 мм)  $c = 0,08–0,1$  мм.

Радиус гибки  $r_2$  изменялся за счет набора пластин к гибочному пуансону в пределах 4–40 мм.

Критическая величина увеличения дополнительного зазора вследствие износа формообразующих элементов принималась равной в пределах ширины по линии гибки:

10–50 мм – 0,5 мм на сторону;

51–150 мм – 0,35–0,4 мм на сторону.

Обработка и анализ полученных данных дали основание сделать следующие выводы:

1. При штамповке тонколистовой ( $S = 0,5–4,0$  мм) конструкционной углеродистой стали обыкновенного и повышенного качества с  $\sigma_s = 32–42$  кг/мм<sup>2</sup> износа формообразующих элементов СГШ в пределах критерия износа при 12,0 тыс. рабочих ударов пресса не наблюдалась.

Для стали  $S = 6–8$  мм износ формообразующих элементов начал появляться при 6,0 тыс. рабочих ударов пресса.

2. В первоначальный период работы наблюдался повышенный износ вкладышей матриц СГШ. Этот период при штамповке деталей из углеродистой конструкционной стали  $S = 4 ÷ 8$  мм,  $\sigma_s = 32–42$  кг/мм<sup>2</sup> составляет 6–7 тыс. рабочих ударов пресса.

Так при штамповке Ст 3 толщиной 5 мм период интенсивного износа составляет 20 ÷ 25 % от износостойкости до наступления критической величины износа.

Для стали толщиной 6–8 мм этот период сокращается до 2–3 тыс. рабочих ударов и составляя до 12–18 %.

Это объясняется увеличением рабочего усилия гибки и удельного давления на рабочих поверхностях формообразующих элементов СГШ.

Далее увеличение износа стабилизировалось, и наступил период нормального износа, который наблюдается при 7–12 тыс. рабочих ударов пресса и, составляя 75–80 % от общего цикла штамповки до наступления критической величины износа, после которой требовалось восстановление или замена формообразующих вкладышей гибкой матрицы.

3. Увеличение толщины материала приводит к повышению износа формообразующих элементов СГШ.

При изменении толщины материала с 4 до 5 мм, т. е. в 1,25 раза, наблюдалось повышение износа формообразующих элементов СГШ в 1,80 раза; при изменении толщины материала с 4 до 6 мм, т. е. в 1,5 раза износ, увеличился в 2,9 раза; при изменении толщины материала с 4 до 8 мм, т. е. в 2 раза, износ увеличился в 3,57 раза.

С увеличением толщины материала износ формообразующих элементов увеличивается. При этом изменение величины износа происходило непропорционально изменению толщины штампуемого материала.

Между толщиной штампуемого материала и износом формообразующих элементов конструкции имеет место прямолинейная зависимость.

Особенно резкое повышение износостойкости вкладышей гибочных матриц наблюдалось при увеличении  $\sigma_s$  штампуемого материала.

Так при штамповке деталей из труднодеформируемой стали 1X18H10T ( $\sigma_s = 58–60$  кг/мм<sup>2</sup>) износ вкладышей гибочных матриц увеличивался в 1,8–3,5 раза при увеличении толщины от 4 до 8 мм.

4. Экспериментально установлено, что пластины пуансонов с увеличением толщины штампуемого материала изнашиваются в 1,8–2,5 раза меньше, чем вкладыши матриц.

Это вытекает из условий работы формообразующих элементов СГШ.

Боковые поверхности вкладышей матрицы дважды скользят по заготовке (при рабочем ходе и выталкивании детали из матрицы, в то время как боковые поверхности пластин пуансона только один раз соприкасаются с заготовкой (во время рабочего хода). При выталкивании детали из матрицы, при выполнении обратного хода пресса, деталь в связи с пружинением материала, как правило, сама соскальзывает с пуансона.

5. Особенно сильный износ пластин пуансонов наблюдался при штамповке деталей из нержавеющей стали 1X18H10T по сравнению с износом при штамповке деталей из Ст 3.

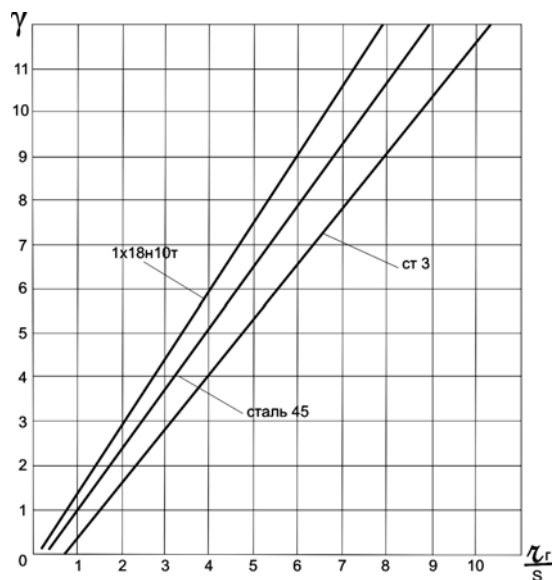


Рис. 3. Диаграмма для определения угла пружинения при П-образной гибке с учетом износа формообразующих элементов, толщины  $S$  и радиуса  $r_r$

с учетом толщины материала, износа формообразующих элементов гибочного штампа и радиуса гибки  $r_r$  (рис. 3).

При штамповке стали 1Х18Н10Т с увеличением толщины материала, вследствие ее плохой теплопроводности и большой склонности к упрочнению, выделялось большое количество тепла, что приводило к оплавлению отдельных микрообъемов металла и ускорению процесса износа. На инструменте имело место появление наростов повышенной твердости, которые непрерывно разрушались и появлялись вновь.

б. В процессе экспериментов установлено, чем выше предел прочности  $\sigma_b$  и чем больше радиусгиба, тем больше пружинение при прочих равных условиях. Износ формообразующих элементов конструкции приводит к увеличению зазора  $Z$ , что оказывает существенное влияние на величину пружинения, увеличивая его угол.

По результатам экспериментов построена диаграмма для определения углов пружинения для различных материалов

## ВЫВОДЫ

Как показала эксплуатация специальных гибочных штампов, с достаточной для практики степенью точности, приведенная диаграмма для определения угла пружинения может быть рекомендована на стадии разработки рабочей технологии широкой номенклатуры листовых деталей.

Экспериментально установлено, что в случае П-образной гибки наименьшая величина угла пружинения достигалась при  $r_r/S = 1-2$  мм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вайнтрауб Д. А. Технологические свойства и способы повышения качества и точности штампуемых деталей / Д. А. Вайнтрауб. – Л.: ЛДНТП, 1976. – С. 18–23.
2. Мовшович А. Я. Система универсально-сборных штампов для листовой штамповки / А. Я. Мовшович. – М.: Машиностроение, 1980. – 177 с.
3. Мовшович А. Я. Конструкция и технологические возможности универсальных штампов для формоизменяющих операций / А. Я. Мовшович, Н. Д. Жолткавоч, В. Я. Морин // Вопросы оборонной техники. – 1986. – Серия XVII, выпуск 136. – С. 12–15.

Кочергин Ю. А. – инженер, зам. ген. директора ГП «Харьковстандартметрология»;

Мовшович А. Я. – д-р техн. наук, зам. дир. по научной работе НПП «Оснастка»;

Фролов Е. А. – д-р техн. наук, профессор НАУ «ХАИ».

НАУ «ХАИ» – Национальный аэрокосмический университет «Харьковский авиационный институт», г. Харьков;

ГП «Харьковстандартметрология» – государственное предприятие «Харьковский региональный научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации», г. Харьков;

НПП «Оснастка» – научно-производственное предприятие «Оснастка», г. Харьков.

E-mail: [inteko@mtl.kharkov.ua](mailto:inteko@mtl.kharkov.ua)