

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ШТАМПОВКИ КРИВОШИПНОГО ПРЕССА ОТКРЫТОГО ТИПА

В. С. Запорожченко, канд. техн. наук, доцент;

А. В. Запорожченко, студентка,

Сумский государственный университет, г. Сумы

Статья посвящена усовершенствованию конструкции штамповочного кривошипного пресса открытого типа с С-образной станиной с целью повышения точности штамповки и рассмотрению принципа работы такого модернизированного оборудования.

Ключевые слова: *штамповочное оборудование, кривошипный пресс открытого типа, гидростатический компенсатор погрешностей оборудования, гидроцилиндр, плунжер, поршень, рабочая жидкость, штамп, точность штамповки*

ВВЕДЕНИЕ

Большое количество заготовок и деталей машиностроения, энергетики, самолетостроения, космической техники и даже компьютерных машин изготавливаются с помощью процессов обработки материалов давлением (ОМД). Эти технологические процессы характеризуются большой производительностью, экономичностью, минимальными отходами материала, высоким качеством поверхности, легко поддаются автоматизации и механизации [1]. Но оборудование для ОМД развивает значительные усилия, имеет большие размеры и высокую стоимость. Поэтому сейчас, в период экономического кризиса, на отечественных предприятиях часто используется морально устаревшее, изношенное оборудование, которое характеризуется низкой точностью штамповки. Наиболее эффективным способом уменьшения недостатков действующих машин устаревшей конструкции и повышения эксплуатационных преимуществ кузнечно-штамповочного оборудования является их модернизация. Это позволяет дать новую жизнь старому изношенному оборудованию и поднять технический уровень производства предприятий без приобретения нового дорогостоящего технологического оборудования. В связи с этим с технико-экономической точки зрения ремонт и модернизация оборудования неразделимы, так как проведение капитального ремонта без одновременной модернизации фактически оставляет машину, которую реконструируют, на том же техническом уровне.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Из всего многообразия оборудования для ОМД кривошипные кузнечно-штамповочные машины составляют примерно 60% [2], а среди кривошипных машин наиболее распространены прессы открытого типа, которые за счет специальной конструкции С-образной станины обеспечивают доступ в штамповое пространство с трех сторон. Это облегчает обслуживание штамповочного инструмента и позволяет монтировать сбоку средства автоматизации и механизации. Однако станина открытого типа под действием усилия штамповки упруго деформируется (изгибается), из-за чего происходит перекося верхней половины штампа, прикрепленной к ползуну, относительно нижней, прикрепленной к столу прессы. Такой перекося приводит к смещению пуансонов относительно матриц, что резко снижает точность штамповки и воспринимается направляющими элементами (колонками и втулками) штампа, повышая их износ во время рабочего хода ползуна прессы. Кроме того, в изношенном оборудовании, находящемся в эксплуатации десятки лет, увеличен зазор между направляющими элементами станины и ползуна,

что также приводит к перекосу последнего при его рабочем ходе.

Поэтому поставлена задача уменьшения упругой деформации станины прессы открытого типа под нагрузкой и обеспечения автоматической подстройки нижней половины штампа под верхнюю при рабочем ходе ползуна с целью повышения точности штамповки и увеличения стойкости штамповочного инструмента.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Сейчас известно применение механических компенсаторов погрешностей кузнечно-штамповочного оборудования, устанавливаемых между столом прессы и нижней половиной штампа [3–5]. Но такие компенсаторы не предотвращают упругой деформации станины прессы под нагрузкой и характеризуются повышенными потерями на трение в их подвижных сочленениях. Поэтому предложено на столе прессы поместить гидростатический компенсатор и соединить его трубопроводами с гидроцилиндрами, установленными над траверсой и под столом прессы открытого типа с С-образной станиной [6].

Модернизированный пресс (рис. 1 а) содержит станину 1 открытого типа, на столе 2 которой установлен гидростатический компенсатор 3. К траверсе 4 С-образной станины, выполненной за одно целое со стойкой 5 и столом 2, прикреплены верхняя плита 6, а к нижней плоскости стола 2 – нижняя плита 7. Эти плиты прижаты к траверсе 4 и столу 2 с помощью передних 8 (расположенных ближе к зеву станины) и задних 9 стяжных шпилек с гайками 10 усилием, обеспечивающим нераскрытие зазоров между плитами, траверсой и столом при нагрузке прессы номинальным усилием. В верхней 6 и нижней 7 плитах закреплены гидравлические цилиндры 11 и 12, полости которых соединены трубопроводами 13 и 14 с полостью гидростатического компенсатора 3. Каждый из этих трубопроводов снабжен дросселем 15 с регулируемым проходным сечением. Продольная ось цилиндров 11 и 12 совпадает с вертикальной осью ползуна 16 и, соответственно, с осью приложения технологической нагрузки к прессу. Внутри гидроцилиндров помещены поршни 17 и 18, площадь поперечного сечения каждого из которых равна площади поперечного сечения плунжера 19 компенсатора. Поршень 17 находится в контакте с верхней плоскостью траверсы 4, а поршень 18 – с нижней плоскостью стола 2. Жесткость верхней плиты 6 вместе с закрепленным на ней гидроцилиндром 11 равна жесткости консольной части траверсы 4, а жесткость нижней плиты 7 с закрепленным на ней гидроцилиндром 12 – жесткости стола 2. На плунжере 19 компенсатора закреплена нижняя половина 20 штампа, верхняя половина 21 которого соединена с ползуном 16 прессы.

Гидростатический компенсатор (рис. 1 б) состоит из корпуса 22, в котором выполнена полость 23 со сферическим дном, заполненная рабочей жидкостью (минеральным маслом, технической водой, эмульсией) и плунжера, состоящего из двух частей 24 и 25, контактные поверхности которых выполнены плоскими и расположены перпендикулярно к вертикальной оси прессы. Верхняя часть 24 имеет Т-образные пазы для крепления верхней половины 21 штампа, а нижняя 25 – торцовую часть сферической формы, которая расположена эквидистантно сферическому дну полости 23. Обе части с размещенным между ними уплотнением 27 соединены винтами 26. Наружные края уплотнения прижаты к корпусу 22 компенсатора с помощью съемного кольца 28 и винтов 29. В корпусе 22 выполнено отверстие 30, в котором закреплен штуцер 31 для соединения полости 32 гидростатического компенсатора с трубопроводами 13 и 14.

При больших усилиях прессы, например, свыше 1 МН, уплотнение 27 выполняется в виде тонкой упругой пластины из пружинной или нержавеющей стали с гофрами сильфонного типа, которая обеспечивает надежную герметизацию полости 32 и достаточную подвижность

плунжера 19 компенсатора. При малых усилиях пресса уплотнение 27 может быть выполнено в виде диафрагмы из упругого, прочного и в то же время эластичного материала, например из резины, резиноткани, резины, армированной металлическими нитями. Возможно применение многослойной диафрагмы (резина – каркас из пружинной стали – резина). В условиях повышенных температур в зоне штамповки должны использоваться диафрагмы из прорезиненных терлостойких асбестовых и стеклянных тканей с добавлением капроновых нитей.

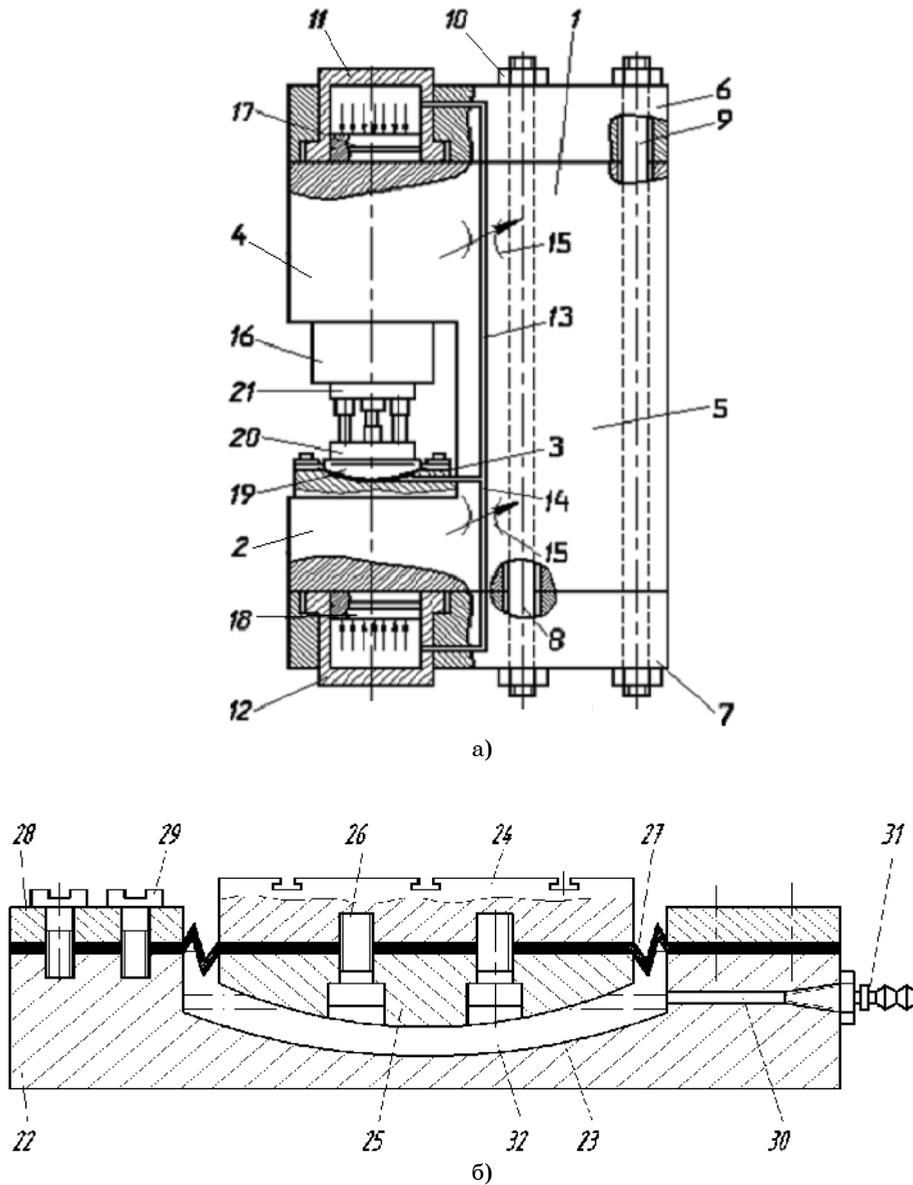


Рисунок 1 – Модернизированный кривошипный пресс с гидростатическим компенсатором и прижимными гидроцилиндрами:
 а – общий вид; б – схема гидростатического компенсатора, установленного на столе кривошипного пресса

Модернизированный пресс работает следующим образом. После прижатия верхней 6 и нижней 7 плит соответственно к траверсе 4 и столу 2 с помощью стяжных шпилек 8 и 9 и гаек 10 с усилием, обеспечивающим нераскрытие зазоров при номинальном усилии пресса, заполняют рабочей жидкостью полости гидростатического компенсатора 3, гидравлических цилиндров 11 и 12, трубопроводов 13 и 14 с помощью вспомогательного гидропривода (на рисунке условно не показан). Во время рабочего хода ползуна пресса усилие деформации заготовки через нижнюю половину 20 штампа передается на плунжер 19 гидростатического компенсатора 3. При этом в полости 32 компенсатора возрастает давление жидкости до величины, достаточной для противодействия технологической нагрузке. Часть жидкости через трубопроводы 13 и 14 перетекает в полости гидроцилиндров 11 и 12. В этих полостях и трубопроводах устанавливается одинаковое давление, зависящее от усилия деформации заготовки. В силу равенства площадей поперечного сечения плунжера 19 и каждого из поршней 17 и 18 последние сжимают консольные части траверсы 4 и стола 2 по оси действия технологической нагрузки с усилием, равным усилию деформации заготовки. В этот момент верхняя 6 и нижняя 7 плиты, в которых закреплены корпуса гидроцилиндров 11 и 12, нагружены изгибающим моментом и упруго деформируются (изгибаются) в противоположные стороны, растягивая стяжные шпильки 8 и 9, а траверса 4 и стол 2 сжаты одинаковыми по величине, но противоположно направленными силами, численно равными усилию деформации заготовки P_n . Стойка 5, в которой при затяжке шпилек 8 и 9 созданы сжимающие напряжения, при выполнении технологической операции несколько разгружается, но остается сжатой, так как усилие предварительной затяжки выбрано из условия нераскрытия зазоров при номинальной нагрузке пресса.

При изменении усилия деформации заготовки в ходе технологической операции меняется давление жидкости в полости 32 компенсатора и в гидроцилиндрах 11 и 12, приводя к равному изменению на ту же величину усилия сжатия консольных частей траверсы 4 и стола 2. Таким образом, происходит автоматическое регулирование силы сжатия станины, которая постоянно равна и противоположно направлена технологическому усилию пресса. Регулирование осуществляется без подвода энергии (жидкости высокого давления) извне, а только за счет полезного усилия деформации заготовки.

В ходе технологической операции, несмотря на предотвращение упругой деформации станины путем сжатия ее консольных частей, имеет место упругая деформация главного исполнительного механизма пресса (ползуна, шатуна и кривошипного вала), приводящая к угловому и горизонтальному смещению ползуна 16 в направляющих элементах. Вместе с ползуном 16 смещается жестко соединенная с ним верхняя половина 21 штампа. Нижняя половина 20, соединенная с верхней 21 направляющими колонками и втулками, за счет углового и горизонтального перемещения плунжера 19 на слое жидкости между сферическими поверхностями плунжера и корпуса 22 компенсатора, самоподстраивается под верхнюю половину. Это обеспечивает соосность верхней 21 и нижней 20 половин штампа, а также разгрузку его направляющих колонок от изгибающего момента. Причем нижняя половина 20 штампа, закрепленная на плунжере 19 гидростатического компенсатора 3, непрерывно подстраивается под верхнюю половину 21 в течение всего процесса деформации заготовки при любом дополнительном смещении ползуна 16, вызванном упругими деформациями деталей пресса, увеличенными зазорами в направляющих, в подшипниках и т.п.

Угловой поворот и линейное смещение плунжера 19 при подстройке нижней половины 20 штампа под его верхнюю половину 21 происходит за счет упругой деформации гофра сильфонного типа металлической

пластины 27. При этом нижняя часть 25 плунжера "плавает" на гидравлической "подушке", представляющей собой тонкий слой жидкости с высоким давлением. Любое угловое и линейное смещение плунжера происходит с минимальными силами трения, определяемыми только вязкостью жидкости и сопротивлением уплотнения компенсатора. Данное уплотнение изолирует полость 32, заполненную жидкостью, от внешней среды, а также центрирует плунжер 19 компенсатора и возвращает его в исходное положение после снятия нагрузки.

В процессе выполнения на прессе разделительной операции (вырубки, пробивки, резки и др.) технологическое усилие вначале возрастает с относительно небольшой скоростью от нуля до максимума. При этом скорость течения жидкости через дроссели 15, установленные в трубопроводах 13 и 14, мала, и сопротивление истечению невелико. В момент разгрузки пресса, когда происходит разделение материала (скол), сопротивление заготовки резко падает, ползун 16 получает ускорение, которое передается плунжеру 19. Его ускоренное перемещение вниз вызывает резкое увеличение скорости течения жидкости через дроссели 15, вследствие чего возникает значительное гидравлическое сопротивление. При дросселировании жидкости гасится энергия, высвобождаемая при разгрузке силовой системы пресса, происходит эффективное затухание упругих колебаний в его металлических элементах и жидкости. Соответственно уменьшаются динамические нагрузки на привод, исполнительный механизм и фундамент пресса. Таким образом, совокупность гидростатического компенсатора 3 с гидроцилиндрами 11 и 12 представляет собой гидравлический амортизатор, позволяющий быстро гасить динамические усилия, возникающие в металлических элементах пресса при резком сбросе технологической нагрузки. В случае необходимости на трубопроводах 13 и 14 могут устанавливаться компенсаторы гидравлического удара с пружинными или газовыми упругими элементами [7], являющиеся одновременно аккумуляторами жидкости высокого давления.

При выходе гидравлической системы пресса из строя последний может продолжать работать как обычный, так как суммарная жесткость верхней плиты 6 и консольной части траверсы 4, а также нижней плиты 7 и стола 2 равны жесткости, соответственно, траверсы и стола открытого пресса традиционной конструкции. Поэтому металлоемкость модернизированного кривошипного пресса с плитами, прижатыми к траверсе и столу, равна металлоемкости обычного пресса открытого типа без плит за счет уменьшения до минимума толщины стенок и других размеров консольных частей станины, определенных из условия прочности под действием только сжимающих напряжений.

ВЫВОДЫ

Предложенная модернизация кривошипного пресса открытого типа с С-образной станиной обеспечивает следующие технико-экономические преимущества:

- повышение качества штампуемых заготовок и стойкости штамповочного инструмента за счет разгрузки станины пресса от изгибающего момента, который воспринимают на себя дополнительные верхняя и нижняя плиты, а также благодаря компенсации погрешностей всех деталей и узлов пресса с помощью гидростатического компенсатора;
- уменьшение стоимости станины, нагруженной только сжимающими напряжениями, которая может быть изготовлена из низкопрочного и, соответственно, более дешевого чугуна;
- стабилизация процесса штамповки за счет автоматического регулирования силы сжатия консольных частей станины вдоль оси приложения технологической нагрузки, а также гашения динамических нагрузок и колебательных процессов в жидкости и металлических элементах пресса при его резкой разгрузке.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ШТАМПУВАННЯ КРИВОШИПНОГО ПРЕСА ВІДКРИТОГО ТИПУ

*В. С. Запорожченко, А. В. Запорожченко,
Сумський державний університет, м. Суми*

Статтю присвячено вдосконаленню конструкції штампувального кривошипного преса відкритого типу з С-подібною станиною з метою підвищення точності штампування і розгляду принципу роботи такого модернізованого устаткування.

Ключові слова: *штампувальне устаткування, кривошипний прес відкритого типу, гідростатичний компенсатор похибок устаткування, гідроциліндр, плунжер, поршень, робоча рідина, штамп, точність штампування.*

IMPROVING PUNCHING ACCURACY OF AN OPEN TYPE STAMPING CRANK PRESS

*V. S. Zaporozhchenko, A. V. Zaporozhchenko,
Sumy State University, Sumy*

The article is devoted to improving the design of the stamping crank press with an open C-shaped bed in order to improve the accuracy of punching. It also reviews the operation principle of the upgraded (modernization) equipment.

Key words: *punching (stamping) equipment, crank press of an open type, hydrostatical compensator of equipment's errors, plunger, piston, working fluid (liquid), stamp (die), punching accuracy (precision).*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технология машиностроения. Основы технологии машиностроения : в 2 томах. / под ред. А. М. Дальского, А. И. Кондакова. – 3-е изд. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – Т. 1. – 478 с.
2. Бочаров Ю. А. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2008. – 480 с.
3. А. с. № 1539079 СССР, МКИ В30В 15/00, 15/28. Компенсатор неравномерности нагружения штампа вертикальной прессовой установки / А. П. Качанов, В. Я. Мирзак, В. И. Рубан, В. С. Запорожченко и др. (СССР). – № 4416576/27; заявлено 28.04.1988; опубликовано 30.01.1990; бюл. № 4.
4. Качанов А. П. Повышение стойкости разделительных штампов за счет использования механических компенсаторов / А. П. Качанов, В. Я. Мирзак, В. С. Запорожченко // Кузнечно-штамповочное производство. – 1996. – № 4. – С. 18 – 22.
5. Запорожченко В. С. Особенности расчета механического компенсатора погрешностей холодноштамповочного оборудования / В. С. Запорожченко, А. П. Качанов // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2005. – № 12 (84). – С. 150–160.
6. А. с. № 1611753 СССР, МКИ В30В 15/00. Вертикальный пресс / В. С. Запорожченко, А. П. Качанов (СССР). – № 4639347/25-27; заявлено 18.01.1989; опубликовано 07.12.1990; бюл. № 4б.
7. Живов Л. И. Кузнечно-штамповочное оборудование : учебник для вузов / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников, Е. Н. Складчиков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 560 с.

Поступила в редакцию 20 мая 2012 г.