

РАЗДЕЛ IV ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.733

Корчак Е. С.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА УСКОРЕННОЙ РАЗГРУЗКИ РАБОЧИХ ЦИЛИНДРОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ

В гидравлических прессах по окончании рабочего хода осуществляется разгрузка рабочих цилиндров от давления и длится до тех пор, пока давление жидкости не упадет до 3,0 МПа. За время рабочего хода гидравлический пресс накапливает энергию упругой деформации жидкости и элементов металлоконструкции [1]. Полная энергия упругой деформации металлоконструкции за время цикла нагружения определяется по следующей формуле [2]:

$$W_M = 3 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_{cp}^2 \cdot G, \quad (1)$$

где σ_{cp} – средняя величина нормальных напряжений в объеме машины;

G – масса машины.

Значительно большую энергию упругой деформации накапливает жидкость. Это связано, прежде всего, с тем, что модуль упругости жидкости примерно в 100 раз меньше модуля упругости стали. Величина энергии упругой деформации жидкости определяется, как:

$$W_{жс} = \frac{p_p^2 \cdot Q_{жс}}{2 \cdot E_{жс}}, \quad (2)$$

где p_p – рабочее давление жидкости;

$Q_{жс}$ – объем жидкости;

$E_{жс}$ – модуль объемной упругости жидкости.

Суммарная накопленная за время рабочего хода энергия упругой деформации равна:

$$W_{\Sigma} = W_M + W_{жс}. \quad (3)$$

Если подсчитать по приведенным формулам (1)–(3) величину суммарной накопленной энергии упругой деформации для прессов усилием 60 МН и 100 МН, то эти значения составят 1990 кДж и 2850 кДж соответственно. При разгрузке рабочих цилиндров от давления эта суммарная накопленная энергия упругой деформации срабатывается дросселирующим элементом клапана, превращая ее в тепло, поглощаемое рабочей жидкостью [3].

Целью данной работы является создание эффективного способа разгрузки рабочих цилиндров от давления, обеспечивающего полное срабатывание накопленной энергии упругой деформации за минимальное время без гидроударных и колебательных явлений.

Для изучения процессов, происходящих в рабочих цилиндрах ковочных гидравлических прессов с приводом от насосно-аккумуляторной станции (НАС) были проведены экспериментальные исследования ковочного гидравлического пресса усилием 100 МН (рис. 1) Новокраматорского машиностроительного завода (ЗАО «НКМЗ») [4].

Исследования проводились при работе пресса на первой ступени усилий, т. е. при работе на центральном цилиндре. В ходе эксперимента регистрировались следующие параметры (рис. 2): ход подвижной поперечины (кривая 6), давления в рабочем (кривая 1) и возвратном цилиндрах (кривая 8) и в подводящей трубе от НАС (кривая 2), хода регулирующих клапанов: впускного (кривая 7) и сливного (кривая 3) рабочих, а также впускного (кривая 5) и (кривая 4) сливного возвратных цилиндров. Исследования производились при промышленной ковке на плоских бойках квадрата 220×220 мм из круга, величина обжатия при этом составила 84 мм. Материал поковки – легированная сталь 30X13. Экспериментальные кривые процесса разгрузки рабочих цилиндров пресса от давления представлены на рис. 2.

Для этого пресса характерно осуществление разгрузки рабочих цилиндров от давления сливным клапаном небольшого сечения, встроенным в главный клапанный распределитель в соответствии со схемой на рис. 3, где наполнительно-сливной клапан (НСК) открывается только после падения давления в полостях рабочих цилиндров до $2,5 \dots 3,0$ МПа.

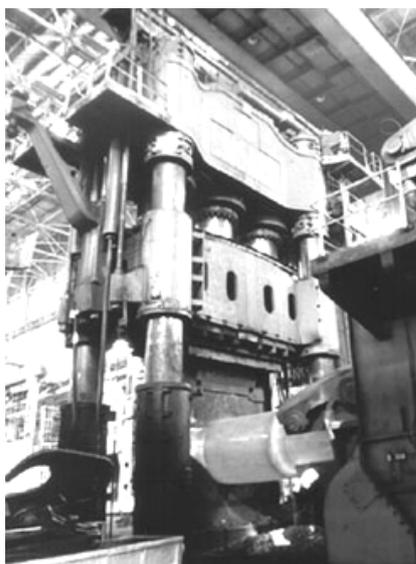


Рис. 1. Ковочный гидравлический пресс усилием 100 МН

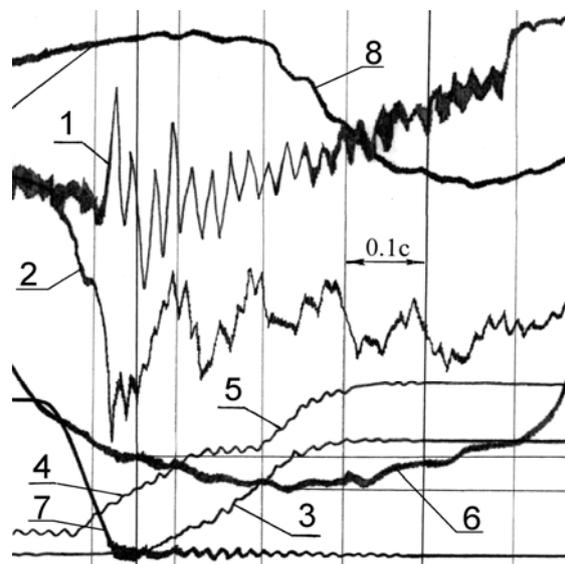


Рис. 2. Экспериментальные кривые процесса разгрузки рабочих цилиндров

Как показывают исследования, замедленный сброс давления из рабочих цилиндров обеспечивает эффективное срабатывание накопленной энергии упругой деформации, но при этом существенно снижает производительность пресса, затягивает начало движения поперечины вверх, приводит к более интенсивному остыванию заготовки и перегреву бойков [5].

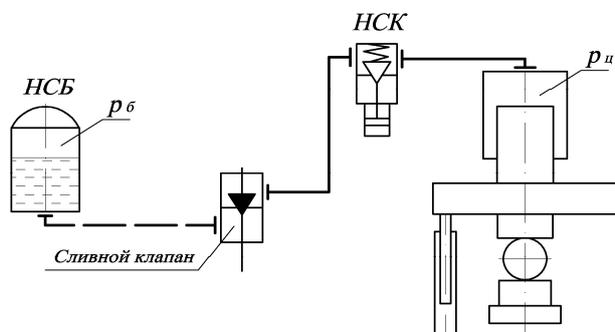


Рис. 3. Схема разгрузки рабочего цилиндра сливным клапаном небольшого сечения, встроенным в главный клапанный распределитель

открытием НСК сразу же после рабочего хода пресса, т. е. при высоком давлении в рабочих цилиндрах. При этом характер изменения давления в рабочих цилиндрах и наполнительно-

Следовательно, необходимо разработать новый способ разгрузки рабочих цилиндров от давления, который обеспечит такие условия, при которых разгрузка будет осуществляться максимально быстро и без гидроударов. С этой целью механизм процесса разгрузки был изменен следующим образом. Принято было разгрузку рабочих цилиндров от давления осуществлять не посредством сливного клапана, установленного в главном клапанном распределителе, а непосредственно в наполнительно-сливную магистраль

сливной магистрали полностью определяется конструктивной характеристикой НСК, временем его открытия и коэффициентом качества гидросистемы α , который показывает долю сопротивления дросселирующего клапана в общем сопротивлении магистрали [6].

Известные НСК [7] неприменимы для такой разгрузки. Следовательно, необходимо создать такой НСК, применение которого позволит существенно сократить время разгрузки рабочих цилиндров от давления и предотвратить возникновение гидроудара в наполнительно-сливной магистрали. Этот НСК должен обладать такими параметрами [6]: конструктивная характеристика с показателем n , минимальное значение которого составляет 1, коэффициент качества гидросистемы α не ниже 0,8, минимальное время открытия $t_{omk.} = 0,2$ с.

Достижение необходимой конструктивной характеристики обеспечивается специальным профилированием дросселирующего элемента НСК, например выполнение его в виде конфузора, который является динамически устойчивым и обладает способностью максимального поглощения энергии потока жидкости. Существующие НСК имеют показатель $n = 0,5$, что соответствует релейной конструктивной характеристике. Это является недопустимым для осуществления разгрузки, т. к. такой клапан не имеет необходимых дросселирующих свойств и его использование не является безопасным в связи с возникновением интенсивного гидроудара в наполнительно-сливной системе пресса, в состав которой входят наполнительный бак и тонкостенные трубы большого диаметра.

Повышение коэффициента α осуществляется путем ограничения в сливной магистрали количества местных гидравлических сопротивлений, приближения сливного бака к прессу, увеличения диаметра труб в магистралях и гидравлического сопротивления полностью открытого НСК.

Оптимальное время открытия НСК определяется в зависимости от приведенного модуля упругости рабочей жидкости и металла цилиндров, а также зависит от их объема.

Достижение всех вышеперечисленных параметров возможно при использовании НСК, представленных на рис. 4 [8, 9].

Особенностью новых НСК (рис. 4) является следующее: центральный проходной канал седла выполнен коническим с вершиной конуса, обращенной по направлению потока.

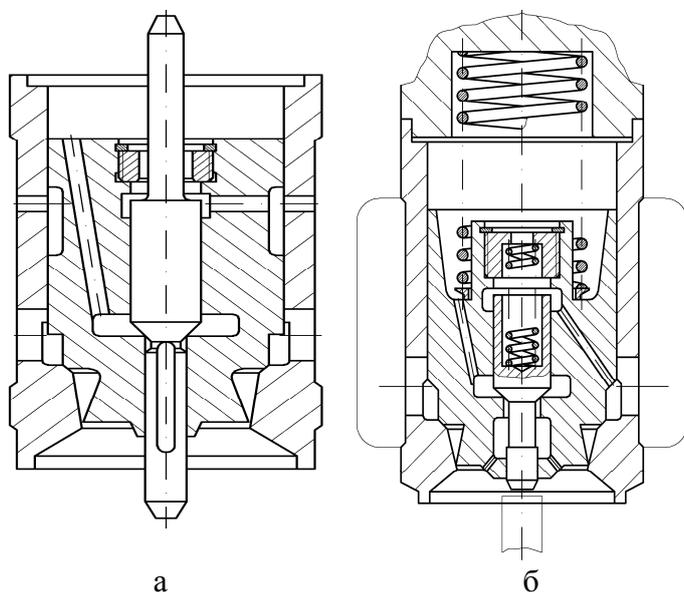


Рис. 4. Конструкции новых НСК

Затвор снабжен конической юбкой, взаимодействующей с поверхностью центрального проходного канала и выполненной таким образом, что ее высота меньше величины хода клапана, а вершина конуса обращена против движения потока. При этом НСК снабжен разгрузочным клапаном с возможностью отсечения надклапанной полости от напорной магистрали в процессе открытия НСК. Такое выполнение клапана обеспечивает быструю и без гидроударов разгрузку рабочих цилиндров пресса от давления, значительное снижение усилия подъема клапана, как следствие – уменьшение машинного времени, повышение продуктивности пресса и стойкости рабочего инструмента.

Новый клапан, изображенный на рис. 4, а, был испытан на специальной установке в лаборатории кафедры «Машины и технология обработки металлов давлением» ДГМА, показал свою удовлетворительную работу и оказался применимым для осуществления быстрой и безударной разгрузки рабочих цилиндров от давления непосредственно в наполнительно-сливную магистраль.

Если принять, что все тепло, выделяемое в процессе дросселирования при разгрузке рабочих цилиндров от давления, поглощается рабочей жидкостью, то повышение температуры

в сливной системе для пресса усилием 100 МН составляет: 0,123 °С при разгрузке сливным клапаном, встроенным в главный клапанный распределитель, и 0,1 °С при разгрузке НСК с дросселирующим элементом непосредственно в наполнительно-сливную магистраль. Такая разница температур объясняется тем, что НСК установлен непосредственно на прессе и объемом сливной системы, в которую осуществляется разгрузка, больше, чем в случае разгрузки сливным клапаном, встроенным в главный клапанный распределитель, который установлен в подвале пресса вблизи наполнительно-сливного бака (НСБ).

Что же касается пресса усилием 60 МН завода «Днепроспецсталь» (г. Запорожье), то повышение температуры в сливной системе составляет 0,083 °С, как в случае разгрузки сливным клапаном, встроенным в главный клапанный распределитель, так и в случае разгрузки НСК с дросселирующим элементом, т. к. НСК и главный клапанный распределитель установлены в подвале пресса и объем сливной системы, в которую осуществляется разгрузка, в этом случае одинаков. Следует отметить, что в случае разгрузки НСК с дросселирующим элементом интенсивность повышения температуры в сливной системе гораздо выше, чем в случае разгрузки сливным клапаном, встроенным в главный клапанный распределитель.

В качестве варианта выполнения НСК (рис. 4, б) может быть рассмотрено следующее: разгрузочный клапан может быть установлен отдельно от затвора (т. е. вынесен за пределы основного НСК и установлен в отдельном корпусе) и снабжен дросселирующим элементом и индивидуальным следящим сервоприводом [10]. Такое выполнение НСК позволяет повысить его ремонтпригодность, т. к. при износе разгрузочного клапана для его замены не нужно будет осуществлять демонтаж всего НСК, имеющего значительные габариты.

Как показали экспериментальные исследования ковочных прессов с насосно-аккумуляторным приводом, для НСК необходим индивидуальный сервопривод, не связанный с магистралью возвратных цилиндров и не реагирующий на падение давления в них, что позволит избежать гидравлических ударов при реверсе подвижной поперечины в верхнем положении. При этом индивидуальный сервопривод должен управлять работой НСК таким образом, чтобы клапан принудительно находился в постоянно открытом состоянии, а его принудительное закрытие сервоприводом осуществлялось только во время рабочего хода. При этом жидкость высокого давления должна подаваться в рабочие цилиндры пресса только после того, как сработает датчик закрытия НСК. Такое постоянное управление работой НСК исключает жидкостное голодание рабочих цилиндров во время хода приближения. Кроме того, НСК других ступеней усилий, которые не задействованы, постоянно открыты, чем обеспечивается надежное заполнение цилиндров этих ступеней жидкостью низкого давления из НСБ. Также при работе пресса НСК не хлопают, постоянно открываясь и закрываясь под действием колебаний давления, а находятся принудительно в постоянно открытом состоянии. В результате повышается надежность, долговечность и качество управления наполнительно-сливной системой пресса, снижается износ НСК.

Для ковочного гидравлического пресса усилием 60 МН завода «Днепроспецсталь» характерным является установка блока НСК в подвале пресса рядом с главным клапанным распределителем. Что же касается пресса усилием 100 МН ЗАО «НКМЗ», то блок НСК установлен непосредственно на самом прессе возле рабочих цилиндров. Во втором случае расположение блока НСК как можно ближе к рабочим цилиндрам пресса является более желательным в силу следующих преимуществ:

1. Наполнительно-сливной трубопровод, имеющий значительную протяженность (свыше 20 м) и большой диаметр (порядка 300 мм), может быть выполнен тонкостенным, а не толстостенным, как в случае расположения блока НСК в подвале. При этом этот трубопровод будет связан только с низким давлением бака, а во время разгрузки все давление из рабочих цилиндров будет гаситься НСК с дросселирующим элементом.

2. Более быстрая разгрузка за счет значительного уменьшения объема сжатой жидкости. В случае установки блока НСК в подвале к объему жидкости, сжатой в рабочих цилиндрах, добавляется объем сжатой жидкости в наполнительно-сливном трубопроводе. Поэтому в этом случае разгружать необходимо не только сами цилиндры, но и практически равный по объему цилиндрам толстостенный наполнительно-сливной трубопровод, что приводит к удлинению процесса разгрузки как минимум на 50 %.

3. Увеличение длины сливной магистрали, что способствует снижению интенсивности гидроударных явлений, происходящих в наполнительно-сливном трубопроводе в процессе разгрузки. Чем меньше объем сжатой жидкости и длиннее сливная магистраль, тем меньше время разгрузки.

Использование в комплексе выше приведенных рекомендаций обеспечивает быструю и без гидроударов разгрузку рабочих цилиндров пресса от давления, уменьшение машинного времени, повышение производительности пресса и стойкости рабочего инструмента.

ВЫВОДЫ

1. Замедленный сброс давления из рабочих цилиндров обеспечивает эффективное срабатывание накопленной за время рабочего хода энергии упругой деформации, но при этом существенно снижает производительность пресса, затягивает начало движения поперечины вверх, приводит к более интенсивному остыванию заготовки и перегреву бойков.

2. Для осуществления быстрой и безударной разгрузки рабочих цилиндров от давления необходимо использовать рационально спроектированное дросселирующее устройство, способное эффективно поглощать накопленную упругую энергию за минимальное время.

3. Быстрая и безударная разгрузка рабочих цилиндров от давления непосредственно в наполнительно-сливную магистраль обеспечивается открытием НСК с дросселирующим элементом. НСК с релейной конструктивной характеристикой совершенно неприменим для разгрузки рабочих цилиндров от давления. НСК с линейной конструктивной характеристикой создает условия для безударной разгрузки рабочих цилиндров от давления при условии, что время открытия не менее 0,2 с, а значение α рекомендуется достигать не ниже 0,8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов В. П. *Гидропривод в кузнечно-штамповочном оборудовании* / В. П. Корнилов, В. М. Сеницкий. – М. : Машиностроение, 2002. – 224 с.
2. Роганов Л. Л. *О некоторых возможностях утилизации энергии упругой деформации деталей машин* / Л. Л. Роганов // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : збірник наукових праць. – Краматорськ – Слов'янськ, 2000. – С. 347–351.
3. *Снижение колебаний давления в наполнительно-сливном трубопроводе гидросистемы ковочного пресса* / М. Е. Гойдо, В. В. Бодров, Р. М. Багаутдинов, М. А. Алексеев // Кузнечно-штамповочное производство. – 2005. – № 4. – С. 30–36.
4. Шинкаренко О. М. *Экспериментальное исследование возвратного хода гидравлического пресса с приводом от НАС* / О. М. Шинкаренко, Е. С. Корчак // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : тематичний збірник наукових праць. – ДДМА, Краматорськ, 2004. – С. 84–86.
5. Korchak E. S. *Processes taking place in power cylinders of hydraulic presses while unloading* / E. S. Korchak // Papers from the 7th International Conference «Research and Development in Mechanical Industry» RaDMI 2007, 16–20 September 2007, Belgrade, Serbia. – P. 196–201.
6. Пат. 20181 України, МПК В21 J9/02. *Спосіб розвантаження робочих циліндрів гідравлічних пресів від тиску* / Шинкаренко О. М., Корчак О. С.; заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 200607679; заявл. 10.07.2006; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1.
7. Корчак Е. С. *Совершенствование наполнительно-сливных систем гидравлических прессов* / Е. С. Корчак // Заготовительные производства в машиностроении. – Москва : Машиностроение, 2009. – № 10. – С. 18–21.
8. Пат. 21420 України, МПК F16 K47/02, F16 K1/42. *Розвантажувально-зливний клапан* / Шинкаренко О. М., Корчак О. С.; заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 200610271; заявл. 26.09.2006; опубл. 15.03.2007, Бюл. № 3.
9. Пат. 16718 України, МПК F16 K47/02, F16 K1/42. *Наповнювально-зливний клапан* / Шинкаренко О. М., Корчак О. С.; заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 200602558; заявл. 09.03.2006; опубл. 15.08.2006, Бюл. № 8.
10. Пат. 28689 України, МПК F16 K47/02, F16 K1/32. *Наповнювально-зливний клапан* / Корчак О. С.; заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 200705106; заявл. 10.05.2007; опубл. 25.12.2007, Бюл. № 21.

Корчак Е. С. – канд. техн. наук, ст. преп. кафедры МТО ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: helen_korchak@ukr.net