

УДК 621.979

Канд. техн. наук Е. С. Корчак, А. М. Квитницький

Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СМАЗКИ СОВРЕМЕННЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕССОВ

Рассмотрены мероприятия по снижению износа деталей и узлов кривошипных прессов. Выявлены пары трения и условия возникновения износа в базовых элементах главного исполнительного механизма – главном валу, шатуне и ползуне. Приведена схема типовой конструкции узла ползуна мощного кривошипного горячештамповочного пресса. Рассмотрены традиционные системы смазки кривошипных прессов, выявлены их недостатки. Разработана новая система смазки с автоматическим регулированием подачи смазочной жидкости к узлам пресса, дано ее описание. Приведены практические рекомендации по созданию эффективных систем смазки кривошипных прессов.

Ключевые слова: пресс кривошипный, смазка, заклинивание, подшипник скольжения, пара трения.

Актуальность исследований

В конструкции механических прессов имеется ряд базовых узлов, между деталями которых в процессе относительного движения при выполнении ними своего функционального назначения возникает трение [1, 2]. При трении сопрягаемые детали подвергаются тепловому воздействию и ускоренному износу, вследствие чего зазор в направляющих изменяется. Помимо этого эксцентричное приложение технологического усилия приводит к перекосам ползуна пресса, вызывая неравномерное распределение зазора в узлах главного исполнительного механизма (ГИМ). Это заметно ухудшает эксплуатационные характеристики машины, а главное – параметры точности при реализации технологического процесса штамповки, что является неприемлемым [3]. Поэтому, чтобы уменьшить износ, а также обеспечить отвод тепла и продуктов изнашивания трущихся поверхностей, необходимо предусмотреть при проектировании механических прессов создание эффективной системы смазки с правильным подбором материалов сопрягаемых деталей и соответствующей марки (свойств) смазочного материала [4], а также выполнение пар трения рациональной конструкции [5].

Постановка цели исследований

Наиболее нагруженным узлом механического (кривошипного) пресса является ГИМ, состоящий из таких основных элементов, как главный вал, шатун и ползун [6]. Работоспособность ГИМ в наибольшей степени, в сравнении с другими узлами пресса, зависит от условий трения, определяющими вероятностью и степень его заклинивания [7]. Заклинивание механического пресса происходит в результате резкого увеличения коэффициента трения в опорных подшипниках скольжения ГИМ при остановке кривошипного вала под нагрузкой

в зоне угла заклинивания, шатун и ползун становятся враспор, а заготовка, зажата в штампе, охлаждается, тем самым увеличивая свое сопротивление. Маховик и главный вал останавливаются, а усилие заклинивания, которое нарастает по мере остывания заготовки, деформирует узлы и станину пресса.

При работе мощных механических прессов износ в деталях ГИМ существенно возрастает вследствие температурного воздействия горячей поковки, а также при дефиците смазочного материала, что приводит к их быстрому изнашиванию, образованию зазоров и, соответственно, снижению жесткости конструкции станины. Для снижения износа контактных поверхностей в направляющих узлах необходимо внедрение принципиально новых антифрикционных материалов и эффективных технологий смазывания, для которых требуется минимальные текущие затраты на обслуживание, эксплуатацию и ремонт.

Методика исследований

На рисунке 1 приведена типовая конструкция узла ползуна мощного кривошипного горячештамповочного пресса (КГШП). Поверхности трения 1 образованы сопряжением главного вала пресса и шатуна (опора d_A), а поверхности трения 2 – в результате сопряжения шатуна и ползуна (опора d_B).

При высоких динамических нагрузках, которые испытывает ГИМ, целесообразно использовать в узлах трения бронзовые подшипники скольжения, способные работать в широком температурном диапазоне с сохранением работоспособности при недостаточной смазке, виброустойчивые и бесшумные. Однако качество сопряжения элементов узлов трения в значительной мере зависит от степени износа их поверхностей. В процессе работы ГИМ одновременно происходит изнашивание как главного вала, шатуна и ползуна, так и

подшипников скольжения. При этом каждая из сопрягаемых деталей является источником и причиной износа другой детали пары трения [8]. Следует отметить, что в данном случае имеет место адгезионно-усталостный характер изнашивания пар трения ГИМ, к которому в периоды высоких динамических нагрузений прибавляется еще и абразивно-механическое изнашивание, взаимно повышающие интенсивность друг друга. Исследования показывают, что суммарный износ пар трения ГИМ может быть существенно уменьшен путем нанесения износостойких покрытий на поверхности трения или введением смазки, которые экранируют мягкую подложку и твердые включения. Именно это обстоятельство в значительной степени уменьшает абразивно-механическую составляющую изнашивания в парах трения, вследствие чего снижается уровень суммарного износа.

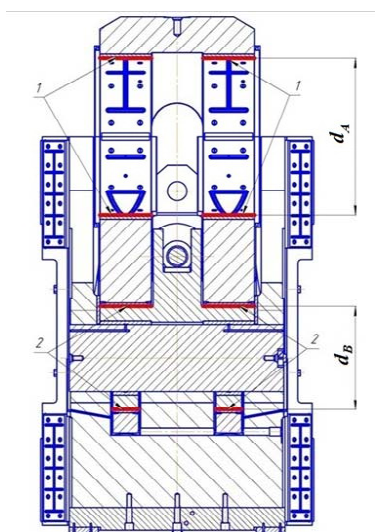


Рис. 1. Типовая конструкция узла ползуна мощного КГШП

Теоретико-экспериментальными исследованиями установлены зависимости температуры T (рис. 2а) и расхода смазки Q (рис. 2б) от величины коэффициента трения f_{mp} в узле ползуна для прессов номинальным усилием 10, 30 и 50 МН.

Начальные значения температуры (рис. 2а) соответствуют работе КГШП с оптимальной (теоретической) частотой ходов с точки зрения рационального соотношения между производительностью и динамической нагрузкой на узлы машины, в том числе и ГИМ [4]. Исходя из начального значения температуры, рассчитывают величину минимально допустимого зазора в опорах для плавного скольжения без заклинивания в условиях недостаточной смазки. В процессе работы ГИМ при реализации реального технологического процесса температура повышается от длительного воздействия нагрузок и увеличивающейся интенсивности трения. В результате этого повышается коэффициент тре-

ния, уменьшаются зазоры для циркуляции смазки и, как следствие, снижается ее расход (рис. 2б). Исследования проводились для традиционных систем циркуляционной смазки.

Анализ полученных результатов

Приведенное на рисунке 2 (а) повышение температур (в 1,5...2,0 раза по сравнению с начальными значениями) является недопустимым для нормальной эксплуатации опор скольжения. Для обеспечения их удовлетворительной работы в системе циркуляционной смазки необходимо:

- предусмотреть кулеры, препятствующие повышению температуры в зоне трения не более чем на 25 % по сравнению с начальными значениями;
- изменить режимы работы системы смазки в зависимости от уровня технологических нагрузок, действующих на ГИМ, и моментов возникновения их пиковых значений.

В реальных условиях эксплуатации узлы КГШП испытывают высокие динамические нагрузки (и даже перегрузки) и действительные (мгновенные) значения коэффициента трения различны. Это увеличивает риск возникновения заклинивания, т. к. значение коэффициента трения в пределах рабочего угла операции является крайне важным параметром для оценки величины плеча трения крутящего момента [7].

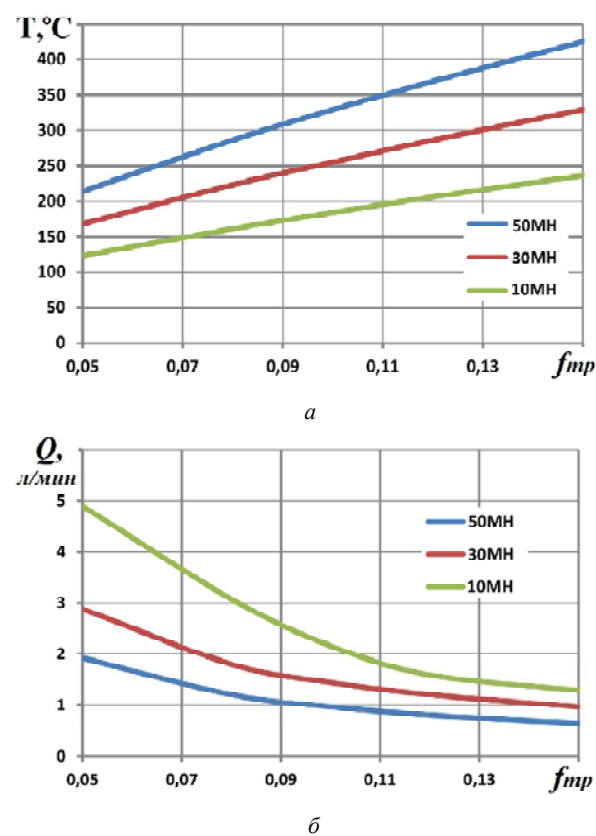


Рис. 2. Графики зависимости температуры (а) и расхода смазки (б) от величины коэффициента трения в опорах ГИМ

В большинстве конструкций систем смазки действующих КГШП нагнетание смазывающей жидкости осуществляется от насосной установки постоянной подачи, гидравлически связанной с коллектором. На выходе из коллектора выполняют разводку гидролинии жидкой смазки к узлам и механизмам пресса. Такая система смазки эффективна для агрегатов, работающих в стационарных режимах трения, т. е. при постоянной нагрузке, скорости и температуре трущихся поверхностей, в которых коэффициент трения приблизительно одинаков на протяжении всего цикла нагружения. Реальные условия работы трущихся пар кривошипных прессов далеки от стационарных. Нагрузка в узлах ГИМ и скоростные условия при трении изменяются по мере вращения главного вала, т. е. зависят от угла его поворота.

Таким образом, работу системы жидкостной смазки, особенно ГИМ, необходимо связать с углом поворота главного вала пресса.

Данная идея реализована в системе смазки КГШП [9], представленной на рисунке 3.

В системе смазки (рис. 3) имеется насосная станция 1, нагнетающая жидкую смазку в коллектор 2, от которого посредством гидролиний смазка поступает к различным узлам пресса – муфте, тормозу, выталкивателям, уравнивателям и др.

В насосной станции 1 предусматривается установка насоса 3 переменной подачи, подающего жидкую смазку в отдельный коллектор 6. Разводка гидролиний от коллектора 6 снабжает смазкой пары трения ГИМ 5 – опоры скольжения:

- опорные подшипники скольжения главного вала, установленные в станине;
- места сопряжения главного вала пресса и шатуна;
- места сопряжения шатуна и ползуна.

На главном валу КГШП устанавливают датчик 4 положения, программно связанный посредством системы автоматического управления прессом с насосом 3.

Насосная установка 1 создает направленный поток жидкой смазки, которая через коллектор 2 питает все узлы и механизмы КГШП за исключением узлов ГИМ 5.

Система регулирования подачи насоса 3 управляется в автоматическом режиме в зависимости от показателей датчика 4 положения главного вала, вследствие чего изменяется расход смазки через коллектор 6 [10]. Исследования кривошипных прессов показывают, что существенное повышение удельного давления в опорах ГИМ возникает в пределах главного рабочего угла с пиковым значением в крайнем нижнем положении, ввиду чего требуется соответствующий расход смазочного материала.

Рассмотренная система смазки должна быть циркуляционного типа с присутствием в баке мелкофракционной медной проволоки для улучшения критериев температурной стойкости смазочного материала – повышения значения критической температуры и снижения уровня температуры химической модификации.

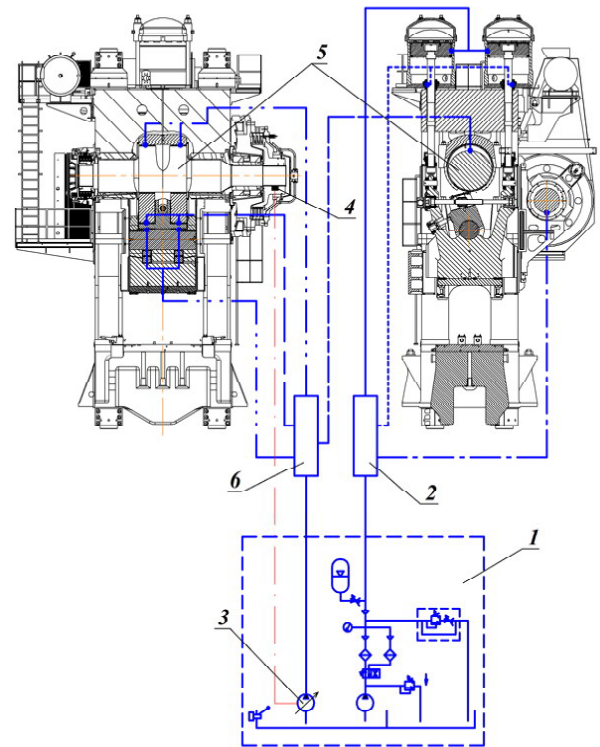


Рис. 3. Схема системы смазки с автоматическим регулированием подачи смазочной жидкости к узлам КГШП

При этом давление и расход смазки рассчитывают таким образом, чтобы температура в опорах ГИМ не выходила за диапазон допустимого нагрева с учетом скорости скольжения и зазоров в сопряжениях деталей.

Это позволяет существенно повысить триботехнические характеристики узлов трения ГИМ, обеспечивая образование сервоитной пленки в парах трения (рис. 1). При деформировании элементов направляющих узлов под действием эксцентрично приложенных технологических усилий сервоитная пленка не разрушается.

Гарантированное наличие сервоитной пленки достигается:

- наличием в смазочном материале слабых кислот, способных растворять элементы бронзы с насыщением трущихся поверхностей ионами меди;
- созданием в зоне трения условий образования слабых кислот при окислении контактирующих поверхностей смазочным материалом.

Температурное воздействие технологического процесса и последующий нагрев направляющих ГИМ повышают интенсивность окислительных процессов и, следовательно, насыщение соответствующих контактирующих поверхностей ионами меди. При этом коэффициент трения в направляющих узлах и интенсивность износа главного вала, шатуна и ползуна пресса существенно уменьшаются.

Выводы

Системы смазки с автоматическим регулированием подачи смазочной жидкости в зависимости от угла поворота главного вала являются перспективными для использования в механических прессах. Для достижения их удовлетворительной работы важна разработка:

- рациональной конструкции отдельных элементов и узлов ГИМ из антифрикционных материалов в соответствии с маркой выбранной смазочной жидкости;
- нагрузочных и скоростных режимов эксплуатации узлов трения, с целью обеспечения баланса между значением коэффициента трения, режимом подачи смазки и температурной стойкостью смазочного материала.

Список литературы

1. Cold and hot forging : fundamentals and applications / Taylan Altan, Gracious Ngai, Gangshu Shen. – ASM International, 2004. – 334 p. ISBN 0-87170-805-1.
2. Медведев И. П. Выбор оборудования для изготовления крупногабаритных поковок / И. П. Медведев, А. Т. Крук // Заготовительные производства в машиностроении. – 2010. – № 11. – С. 25–30.
3. Медеяев И. А. Трение как составная часть механизма изнашивания / И. А. Медеяев // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2007. – № 7. – С. 43–47.
4. Квитницький А. М. Исследование влияния жесткости на работоспособность кривошипных горячештамповочных прессов / А. М. Квитницький, Е. С. Корчак // Науковий Вісник ДДМА : зб. наук. праць – Краматорськ : ДДМА, 2015. – № 3 (18 Е). – С. 122–126.
5. Корчак Е. С. Создание эффективной системы смазки мощных кривошипных горячештамповочных прессов / Е. С. Корчак, А. М. Квитницький // Обработка материалов давлением. Сб. научн. тр. – Краматорск, ДГМА, 2016. – № 1 (42). – С. 280–284.
6. Проектування та розрахунок кривошипних пресів. Курсове проектування : навчальний посібник/ О. В. Явтушенко, А. В. Глебенко, Т. О. Васильченко. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2012. – 448 с.
7. Квитницький А. М. Анализ методов и устройств вывода кривошипных горячештамповочных прессов из состояния заклинивания / А. М. Квитницький, Е. С. Корчак // Вісник ДДМА : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2015. – № 3 (36). – С. 50–53.
8. Шустер Л. Ш. Зависимость износа трибосопряжений от материала деталей пары трения / Л. Ш. Шустер, Н. К. Криони, Р. Р. Камалетдинова // КШП.ОМД. – 2016. – №4. – С. 33–38.
9. Пат. 107809 України, МПК В30В1/26. Система рідинного змащення потужного кривошипного горячештамповального преса / Корчак О. С., Квітницький О. М. ; заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – №201512063 ; заявл. 04.12.2015 ; опубл. 24.06.2016, Бюл. №12.
10. Пат. 106817 України, МПК В30В1/26. Спосіб запобігання заклинюванню потужного кривошипного горячештамповального преса / Корчак О. С., Квітницький О. М. ; заявник та патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 201510627 ; заявл. 30.10.2015 ; опубл. 10.05.2016, Бюл. №9.

Одержано 22.12.2016

Корчак О.С., Квітницький О.М. Розробка ефективних технологій змащення сучасних механічних пресів

Розглянуто заходи зі зниження зносу деталей та вузлів кривошипних пресів. Виявлено пари тертя та умови виникнення зносу в базових елементах головного виконавчого механізму – головному валу, шатуні та повзуні. Наведено схему типової конструкції вузла повзуна потужного горячештамповального преса. Розглянуто традиційні системи змащення кривошипних пресів, виявлено їх недоліки. Розроблено нову систему змащення з автоматичним регулюванням витрати мастильної рідини до вузлів преса, надано її опис. Наведено практичні рекомендації зі створення ефективних систем змащення кривошипних пресів.

Ключові слова: прес кривошипний, змащення, заклинювання, підшипник ковзання, пара тертя

Korchak Ye., Kvitnickyy A. Creating effective lubricating technologies for modern mechanical presses

Measures of crank presses parts and units wear reducing are considered. Friction pairs and wear arising conditions are revealed in basic elements of the main actuating mechanism – the main crank-shaft, connecting rod and sliding-ram. The scheme of sliding-ram unit typical construction of power crank hot-forming press is given. Traditional lubricating systems of crank presses are considered, its disadvantages are revealed. The new lubricating system with automatic lubricant flow rate regulating to press units is designed, its description is given. Practical recommendations of effective lubricating system creating for crank presses are adduced.

Key words: crank press, lubrication, jamming, sliding bearing, friction pair.