

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ КРИВОШИПНЫХ ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНЫХ ПРЕССОВ

Квитницкий А. М., Корчак Е. С.

Установлено, что жесткость кривошипных горячештамповочных прессов оказывает существенное влияние, как на их работоспособность, так и на качество штампуемых поковок. Рассмотрены процессы и факторы, приводящие к их заклиниванию. Проанализированы условия возникновения заклинивания и влияние на него частоты ходов ползуна прессы. Для принятого размерного ряда прессов определены оптимальная частота ходов, общая жесткость и изменения коэффициентов удельной массы и удельного расхода энергии в зависимости от номинального усилия прессов. Дано обоснование всех приведенных факторов. Приведены основные требования при выборе кривошипных горячештамповочных прессов необходимой жесткости.

Встановлено, що жорсткість кривошипних гарячештампувальних пресів суттєво впливає як на їх працездатність, так і на якість поковок, що штампують. Розглянуто процеси та фактори, що призводять до їх заклинювання. Проаналізовані умови виникнення заклинювання та вплив на нього частоти ходів повзуна преса. Для прийнятого розмірного ряду пресів визначено оптимальну частоту ходів, загальну жорсткість та зміну коефіцієнтів питомої маси та питомої витрати енергії в залежності від номінального зусилля. Дано обґрунтування всіх наведених факторів. Наведено основні вимоги при виборі кривошипних гарячештампувальних пресів необхідної жорсткості.

It has been found that crank hot-forming presses stiffness exerts essential influence both on its availability and forged piece quality. Processes and factors causing crank hot-forming presses jamming state are revealed. Conditions of jamming emergence and the influence of reciprocating speed of ram on it are analyzed. Optimal reciprocating speed of ram, total stiffness and variations of specific coefficients of mass and power consumption depending on the rated force are determined for the established size spectrum of presses. Justification of all the mentioned factors is given. The main requirements while crank hot-forming presses fitting of necessary stiffness are adduced.

Квитницкий А. М.

магистр ДГМА

Корчак Е. С.

докторант,
канд. техн. наук, доцент ДГМА
helen_korchak@ukr.net

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 621.979

Квитницкий А. М., Корчак Е. С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ КРИВОШИПНЫХ ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНЫХ ПРЕССОВ

В кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) обеспечение необходимых параметров жесткости является крайне важным. Исследованиями установлено, что жесткость кривошипных машин оказывает существенное влияние, как на их работоспособность, так и на качество штампуемых поковок [1, 2].

Во время работы КГШП происходит упругое изменение размеров и форм их деталей, особенно станины и главного исполнительного механизма. При приложении номинального усилия все деформации суммируются в направлении движения ползуна, искажая характер его движения и характеристики наладки штампового инструмента, что приводит к снижению точности штампуемых поковок по высоте и плоскости разъема, сокращению срока службы узлов пресса и инструмента, увеличению потерь полезной энергии. Чтобы этого не допустить, пресс должен иметь высокую жесткость [3, 4]. Помимо этого невысокая жесткость КГШП может стать причиной их частых заклиниваний, когда шатун и ползун становятся враспор, а заготовка, зажатая в штампе, охлаждается, тем самым увеличивая свое сопротивление. Маховик и главный вал останавливаются, а усилие заклинивания, которое увеличивается по причине остывания заготовки, деформирует узлы и станину пресса [5, 6]. Остановка кривошипного вала может произойти по причинам нарушения технологического режима штамповки, таким как:

- увеличенная высота штампуемых заготовок;
- сдвигание или слипание заготовок при подаче в штамп;
- недогрев заготовок;
- недостаточный разгон маховика;
- неправильное регулирование высоты штампового пространства;
- наличие посторонних предметов на зеркале штампа;
- нарушение режима смазывания узлов главного исполнительного механизма.

Целью данной работы является исследование влияния жесткости на работоспособность КГШП на базе анализа взаимосвязи жесткости кривошипной машины с заклиниванием и точностью реализации техпроцесса горячей объемной штамповки.

Высокая жесткость конструкции КГШП позволяет получать изделия высокой точности, но такая конструкция имеет и недостатки. Основным из них является высокая вероятность заклинивания – когда главный исполнительный механизм занимает такое положение, при котором прохождение через крайнее нижнее положение становится невозможным.

В общем случае заклинивание КГШП происходит в результате резкого увеличения коэффициента трения опорных подшипников скольжения главного исполнительного механизма при остановке кривошипного вала под нагрузкой в зоне угла заклинивания (угла «мертвого трения») $\alpha_{\text{зак}}$ [6]. С увеличением коэффициента трения увеличивается величина приведенного плеча крутящего момента M_k на главном валу.

Приведенное плечо крутящего момента в реальном кривошипно-ползунном механизме определяется как сумма идеального $M_k^{\text{и}}$ и плеча трения $M_k^{\text{ф}}$ [3,4]. При этом

$$M_k^{\text{и}} = R \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha + k\lambda \cos \alpha \right);$$
$$M_k^{\text{ф}} = \frac{f}{2} [(1 + \lambda)d_A + \lambda d_B + d_0];$$

$$\alpha_{\text{зак}} = \cos \left(\frac{M_k^f}{R(1 + \lambda)} \right),$$

где R – радиус кривошипа, мм;

α – угол поворота кривошипа, град;

λ – коэффициент шатуна;

k – коэффициент смещения ползуна;

f – коэффициент трения в опорных подшипниках скольжения;

d_0, d_A, d_B – диаметры пальцев в шарнирных соединениях, мм.

В зависимости от соотношения величин M_k^i и M_k^f выделяют следующие основные условия работы КГШП с точки зрения возможности возникновения заклинивания:

1. $M_k^i > M_k^f$ – вероятность заклинивания очень низкая и заклинивание не произойдет.

2. $M_k^i = M_k^f$ – кривошип доходит до границы $\alpha_{\text{зак}}$ с возникновением легкой формы заклинивания.

3. $M_k^i < M_k^f$ – глубокое заклинивание, происходящее при переходе через угол $\alpha_{\text{зак}}$ и остановке кривошипа в «мертвой» зоне трения.

4. $M_k^i = 0$ – наиболее тяжелый случай заклинивания, не поддающийся преодолению традиционными способами без разрушения базовых элементов машины.

Также, на заклинивание КГШП большое влияние оказывает частота ходов ползуна. При формообразовании поковок в штампе вследствие силового контакта заготовки, нагретой до ковочной температуры, с поверхностью инструмента неизбежно происходит остывание заготовки [7]. При этом наиболее интенсивно охлаждаются поверхности заусенца как самого тонкого элемента поковки. В результате значительно возрастают сопротивление деформации и усилие деформирования, что приводит к износу инструмента в зоне заусенечного мостика и является предпосылкой к заклиниванию исполнительного механизма.

В связи с этим в КГШП время силового контакта формообразующего инструмента со штампуемой заготовкой должно быть достаточно коротким. Это предопределяет необходимость обеспечения высокой частоты ходов ползуна в минуту. Вместе с этим, поскольку КГШП работают, как правило, в режиме одиночных ходов с разгоном и торможением ползуна при каждом его ходе, обеспечение быстроходности значительно увеличивает динамические нагрузки в силовых элементах кривошипно-шатунного механизма и его привода, что при недостаточной жесткости конструкции может привести к серьезным поломкам [5, 8]. Поэтому оптимальной принято считать ту минимальную частоту ходов ползуна пресса, при которой заусенец не успеет существенно охладиться.

В соответствующем такому подходу способе определения оптимальной частоты ходов в качестве основного критерия используется отношение времени, в течение которого образуется заусенец, к толщине заусенца. Это отношение при изготовлении поковок различных размеров на КГШП соответствующих усилий должно быть примерно постоянным, если температурные условия образования заусенца одинаковы.

На рис. 1 приведен график зависимости оптимальной частоты ходов ползуна мощных КГШП от номинального усилия [7]. Полученные значения с достаточной степенью точности описываются зависимостью

$$n = 315 / \sqrt{P_{\text{ном}}},$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальное усилие пресса, МН.

При изготовлении поковок общая жесткость КГШП составляет [8]

$$C_0 = \frac{1}{\sum 1/C_i},$$

где C_0 – общая жесткость пресса, МН/мм;

C_i – жесткости основных узлов пресса, МН/мм.

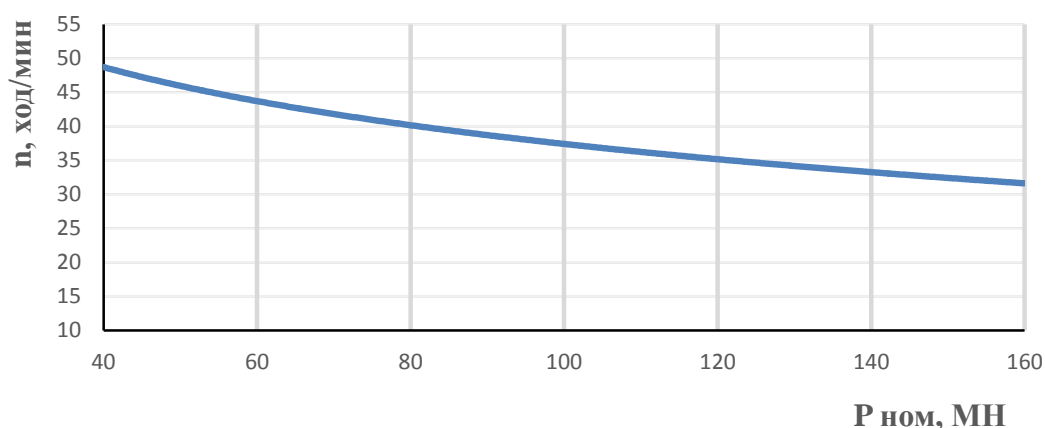


Рис. 1. График зависимости оптимальной частоты ходов ползуна мощных КГШП от номинального усилия

Принятый размерный ряд КГШП следующий: 40; 63; 80; 100; 120 и 160 МН.

При выборе КГШП для реализации конкретного технологического процесса учитывают его возможности по получению точных поковок в зависимости от величины жесткости. При этом при проектировании прессов стараются снизить их массу (а, следовательно, и стоимость) при сохранении или повышении жесткости. На рис. 2 приведен обобщенный график жесткости современных прессов, а также показана динамика возрастания этого показателя.

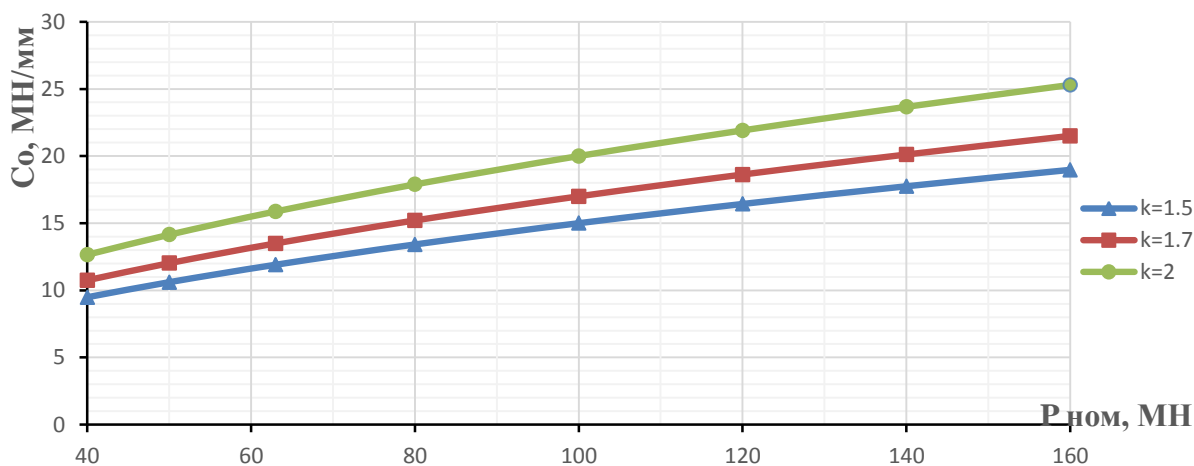


Рис. 2. График зависимости общей жесткости КГШП от номинального усилия

Общую жесткость прессов, приведенных на графике (рис. 2), рассчитывали по следующему эмпирическому соотношению [8]

$$C_0 = k\sqrt{P_{\text{ном}}},$$

где k – коэффициент эксплуатации;

$P_{\text{ном}}$ – номинальное усилие КГШП, МН.

Для достижения повышенных значений коэффициента k необходимо оптимизировать конструкцию КГШП. Наиболее эффективным являются мероприятия по повышению жесткости элементов главного исполнительного механизма, а также их взаимного сопряжения (заделки опорных шеек в станине, разнесение шатуна по эксцентриковой шейке с рациональным перераспределением номинального усилия и др.).

Основные требования при выборе КГШП необходимой жесткости:

– обеспечение качества и точности поковок с учетом последующей обработки;

- создание удобных и экономически выгодных условий эксплуатации прессы;
- оптимальные энергетические показатели – мощность главного привода, параметры маховика, потребление энергии при наибольшей частоте одиночных включений;
- рациональное соотношение между габаритами штампуемых заготовок и размерами штампового пространства, а также диапазоном регулировок;
- минимизация возможности заклинивания.

На графиках (рис. 3) приведены изменения коэффициентов удельной массы (а) и расхода энергии (б) для размерного ряда КГШП [8], обеспечивающие оптимальное соотношение жесткости, качества производимых поковок и эксплуатационных характеристик прессов.

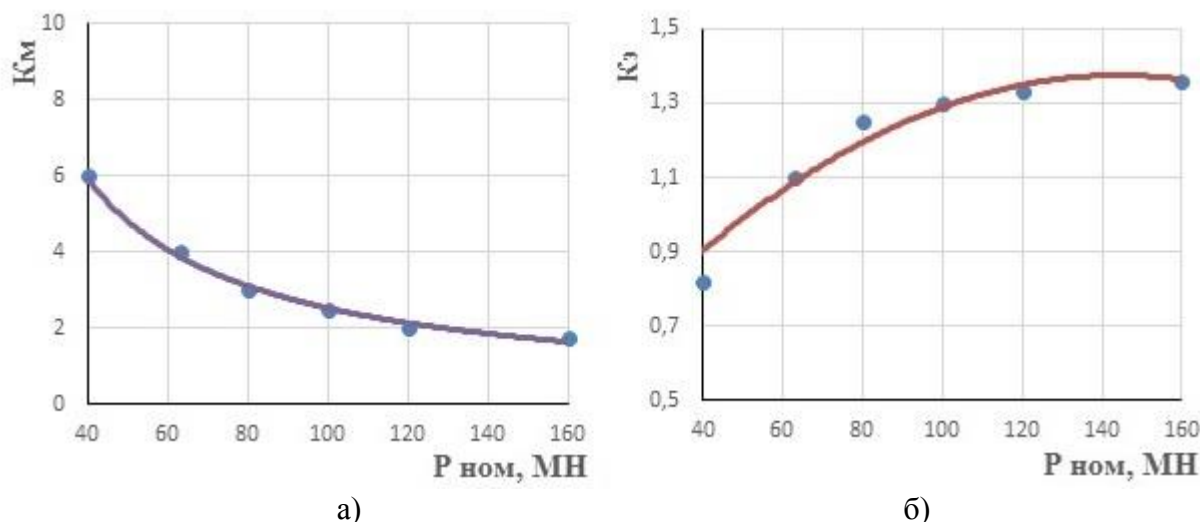


Рис. 3. Графики изменения коэффициентов удельной массы (а) и удельного расхода энергии (б) для размерного ряда КГШП

ВЫВОД

Точность размеров поковок, получаемых на КГШП, зависит от их жесткости. Чем выше жесткость, тем выше точность размеров поковок и стабильнее работа прессы. Невысокая жесткость КГШП может стать причиной их частых заклиниваний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Cold and hot forging : fundamentals and applications* / Taylan Altan, Gracious Ngaile, Gangshu Shen. – ASM International, 2004. – 334 p. – ISBN 0-87170-805-1.
2. Ланской Е. Н. О параметрах жесткости прессов / Е. Н. Ланской // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2008. – №8. – С. 35–39.
3. Шинкаренко О. М. Расчет и проектирование основных узлов кривошипных кузнечно-прессовых машин / О. М. Шинкаренко, Е. С. Корчак. – Краматорск : ДГМА, 2013. – 70 с. ISBN 978-966-379-650-5.
4. Явтушенко О. В. Проектування та розрахунок кривошипних пресів. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Явтушенко, А. В. Глебенко, Т. О. Васильченко. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2012. – 448 с.
5. Пруцков Р. Н. К вопросу заклинивания кривошипных горячештамповочных прессов / Р. Н. Пруцков, В. В. Ковалев // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2002. – №1. – С. 35–39.
6. 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.
7. Крук А. Т. Оптимальная частота ходов ползуна КГШП / А. Т. Крук // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2002. – № 10. – С. 40–42.
8. Медведев И. П. Выбор оборудования для изготовления крупногабаритных поковок / И. П. Медведев, А. Т. Крук // Заготовительные производства в машиностроении. – 2010. – №11. – С. 25–30.