

Н.В.ЧОСТА, канд.техн.наук, доцент, ДГМА, Краматорск
В.Е.ШОЛЕНИНОВ, ассистент, ДГМА, Краматорск

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С КЛИНОШАРНИРНЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ МЕХАНИЗМОМ

Розглянуто вплив різноманітних параметрів на жорсткість пресів із клиношарнірним механізмом і дані рекомендації щодо їх раціонального вибору.

Influence of various parameters on rigidity presses with wedge linkwork the mechanism is considered and recommendations at their rational choice are given.

Для современного оборудования обработки металлов давлением (ОМД) его общая жесткость является важным параметром. Так, при выполнении формообразующих операций ОМД, таких как прессование, объемная штамповка, жесткость кривошипной кузнечно-прессовой машины имеет существенное значение для точности заготовок, получаемых на ней. Чем больше жесткость машины, тем выше точность остановки ползуна в крайнем нижнем положении и, соответственно, точнее размер заготовки по высоте. При выполнении на кривошипных машинах разделительных операций, таких как холодная ломка изгибом, сдвиговая отрезка сортового проката, в конце операции происходит резкий сброс усилия разделения. Это приводит к освобождению энергии упругой деформации машины и инструмента. Составляющая потеря упругой деформации кривошипных машин для разделительных операций достигает 25...35 % от общей работы. И одним из путей, позволяющих уменьшить величину упругой отдачи является увеличение жесткости машины.

Можно выделить два направления повышения жесткости оборудования: повышение жесткости станины и повышение жесткости главного исполнительного механизма (ГИМ) за счет новых конструктивных схем. Первый путь является не совсем рациональным, так как он приводит к резкому увеличению массы прессы, и как следствие, к его удорожанию [1]. Наиболее рациональным является второй путь – повышение жесткости ГИМ.

Одним из направлений повышения жесткости ГИМ, является создание механизмов с дополнительным звеном, воспринимающим технологическое усилие и снижающим или полностью устраняющим влияние упругого прогиба вала на общую податливость конструкции. Таким механизмом является кривошипно-клиновой исполнительный механизм, разрабатываемый фирмой «Eutiso» (Германия) [2].

Использование клинового исполнительного механизма позволяет с одной стороны, свести к минимуму перекося ползуна при его эксцентричном нагружении и, с другой стороны, весьма существенно (по данным фирмы

«Eutiso» в 1,4 раза) повысить жесткость пресса.

Однако наряду с преимуществами, клиновая конструкция ГИМ имеет и недостатки. При постоянном угле клина соотношение усилий на клине и ползуне является постоянной величиной, в то время как графики усилий технологических операций обработки металлов давлением имеют характер изменения, близкий к гиперболе. Наличие перечисленных недостатков снижает технологические возможности клиновых прессов.

Наиболее перспективными с точки зрения повышения жесткости и соответствия технологическим особенностям операций ОМД, являются разрабатываемые в Донбасской государственной машиностроительной академии клиношарнирные механизмы (КШМ).

В работе Харлашкина В.В. был рассмотрен клиношарнирный механизм (КШМ) с перпендикулярным направлением перемещения выпуклого клина относительно направления перемещения ползуна, определены его кинематические и энергосиловые параметры [3]. Дальнейшее исследование этого типа КШМ было продолжено Трофимовым В.И. [4]. Был разработан винтовой пресс с КШМ, в котором предусмотрено изменение угла наклона направляющей входного клина. Для разделительных операций был предложен КШМ с вогнутым клином [5].

У клиношарнирного механизма одна из рабочих поверхностей клина выполнена цилиндрической, сопряженной с дополнительным звеном – шарниром. Шарнир имеет вторую рабочую поверхность, которая также выполнена по радиусу и сопрягается с цилиндрической поверхностью ползуна. Перемещение клина вдоль неподвижных направляющих приводит к изменению угла между прямой, перпендикулярной направлению перемещения клина, и прямой, соединяющей центры цилиндрических поверхностей. А это, в свою очередь дает возможность получить переменное соотношение между приводным усилием на клине и исполнительным усилием на ползуне.

Проведенные ранее исследования показывают, что применение КШМ в кривошипных машинах позволяет повысить их жесткость, по сравнению с традиционным кривошипно-ползунным исполнением, почти на 30 % [6]. Однако расчеты жесткости КШМ носили усредненный, оценочный характер.

Целью настоящей работы является исследование влияния различных параметров на жесткость КШМ и пути ее повышения.

Изменение радиусов сопряженных поверхностей КШМ приводит к изменению их площадей контакта и изменению массы шарнира, что влияет на жесткость всего механизма. Исследование влияния радиусов сопряженных поверхностей на жесткость проводилось методом конечных элементов в системе *Abaqus* [7], для чего были разработаны модели КШМ с выпуклым и вогнутым клиньями. На рис. 1, *a* представлена расчетная схема КШМ с выпуклым клином. На рис. 1, *б* – его конечно-элементная модель. Радиус клина l обозначен R , радиус шарнира $2 - r$, высота ползуна $3 - H$. В расчете учитывались упругие деформации самого КШМ без учета прогиба несущей конст-

рукции и станины. Согласно данным работы [8] вертикальная жесткость современных кривошипных горячештамповочных прессов (КГШП) оценивается зависимостью:

$$C_0 = (50...70) \sqrt{F}, \quad (1)$$

где F – усилие пресса в кН.

Расчеты жесткости КШМ выполнялись для пресса усилием $F = 12$ кН. Жесткость КГШП, такого же усилия, но традиционного исполнения, рассчитанная по формуле (1) составляет $C_0 = 242$ кН/мм.

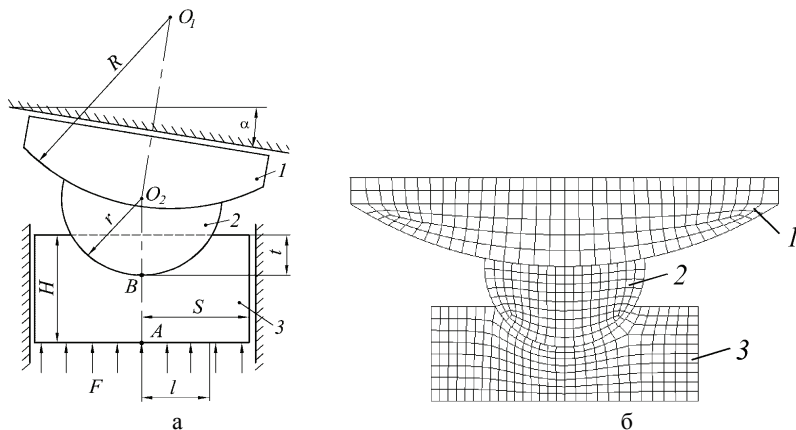


Рисунок 1 – Расчетная схема к определению жесткости КШМ с выпуклым клином (а) и его конечно-элементная модель (б)

На рис. 2 представлена зависимость отношения расчетной вертикальной жесткости КШМ – C в центральной точке A (см. рис. 1, а) к жесткости C_0 от соотношения радиусов клина и шарнира R/r , при угле наклона входного звена $l \alpha = 0^\circ$.

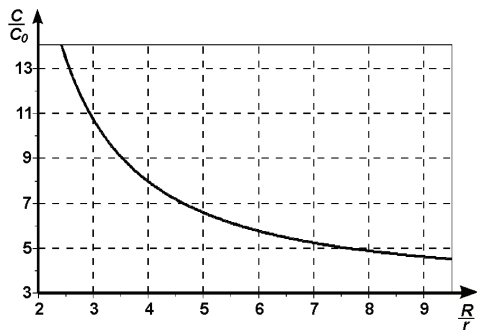


Рисунок 2 – Зависимость расчетной вертикальной жесткости от соотношения радиусов КШМ

Анализируя полученную зависимость можно сделать следующие выводы:

- без учета упругой деформации станины, жесткость КШМ многократно превосходит жесткость КГШП;
- уменьшение разницы радиусов сопряженных поверхностей КШМ приводит к увеличению жесткости, что объясняется увеличением суммарной площади их контакта.

Большое влияние на жесткость механизма оказывает высота H ползуна 3. На рис. 1, a глубина погружения шарнира 2 в ползун 3 обозначена t . На рис. 3 представлена зависимость отношения C_1 к C (где C_1 – жесткость КШМ, у которого высота ползуна практически равна глубине погружения шатуна в ползун, то есть $H \approx t$) от соотношения H/t . Анализ зависимости показывает, что увеличение вертикального размера ползуна приводит к резкому падению величины жесткости. Поэтому расстояние между максимальной точкой погружения ползуна – т. B (см. рис. 1, a) и точкой A , лежащей на поверхности ползуна, должно быть как можно меньше. Наиболее рационально принимать его из условия прочности на сжатие. Из графиков также видно, что чем больше разница радиусов сопряженных поверхностей КШМ, тем интенсивнее происходит падение жесткости.

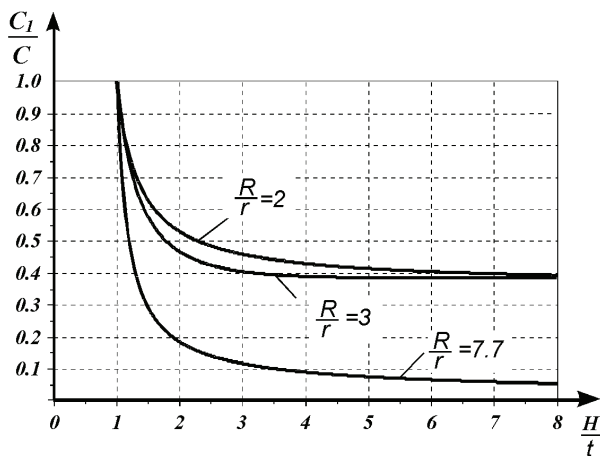


Рисунок 3 – Зависимость жесткости КШМ от высоты ползуна

На рис. 4 показано распределение вертикальной жесткости по поверхности ползуна в виде зависимости C_2/C (где C_2 – жесткость в центральной точке B) при различных соотношениях высоты ползуна H к радиусу шарнира r .

Из графика можно сделать вывод, что по мере удаления от центральной точки A , жесткость падает по экспоненциальной зависимости, поэтому рекомендуется заготовку располагать в центральной зоне ползуна, сводя к минимуму эксцентриситет прикладываемой нагрузки.

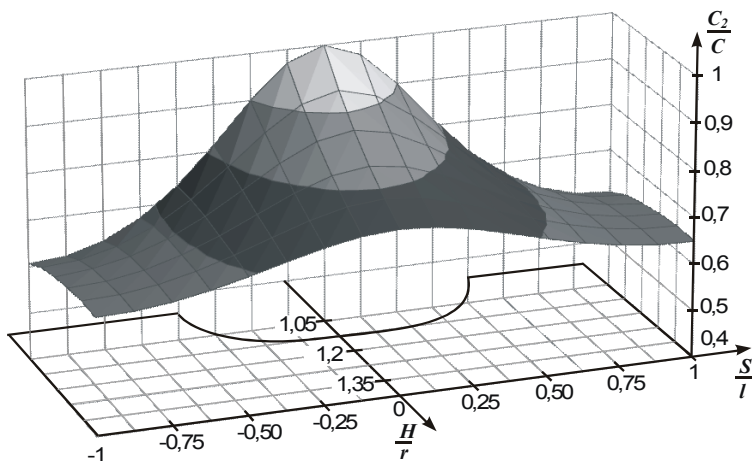


Рисунок 4 – Распределение жесткости КШМ по поверхности ползуна

Для исследования КШМ с вогнутым клином была разработана конечно-элементная модель в системе *Abaqus*. На рис. 5, а представлена расчетная схема КШМ с вогнутым клином. Его конечно-элементная модель – на рис. 5,б.

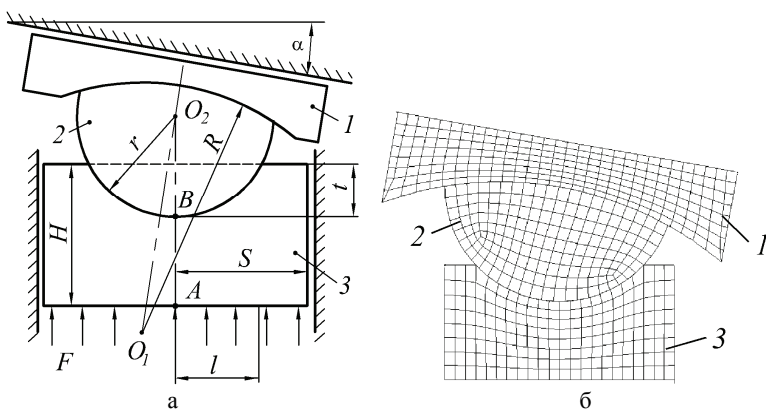


Рисунок 5 – Расчетная схема к определению жесткости КШМ с вогнутым клином (а) и его конечно-элементная модель (б)

На рис. 6 представлены графики изменения жесткости КШМ с выпуклым и вогнутым клиньями в зависимости от угла наклона направляющей – α . C_3 – жесткость при $\alpha = 0^\circ$. Анализ графиков показывает, что в обоих случаях с увеличением α вертикальная жесткость падает. Для механизма с выпуклым клином она уменьшается пропорционально α , а для КШМ с вогнутым кли-

ном падение более существенное и уже при $\alpha = 15^\circ$ жесткость уменьшается на 40 %.

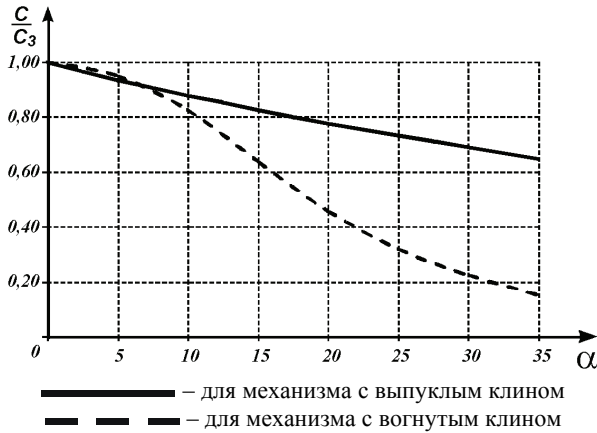


Рисунок 6 – Зависимость жесткости КШМ от угла наклона ползуна

Выводы:

1. Для повышения жесткости кузнечно-штамповочного оборудования с кривошипным приводом наиболее приемлемым является клиношарнирный механизм.
2. Жесткость КШМ многократно превосходит жесткость КГШП.
3. Уменьшение разницы радиусов сопряженных поверхностей КШМ приводит к увеличению жесткости.
4. С увеличением угла наклона клина вертикальная жесткость падает. У КШМ с вогнутым клином изменение угла наклона приводит к более существенному падению жесткости.

Список литературы: 1. Ланской Е.Н. Проектирование базовых деталей кривошипных прессов при заданных показателях прочности и жесткости / Е.Н.Ланской, В.И.Силанов, И.Н.Филькин, В.М.Шиновский // Кузнечно-штамповочное производство. – 1983. – № 3. – С. 11-19. 2. Гурьев Ю.Т. Новые тенденции в развитии горячештамповочных прессов / Ю.Т.Гурьев, А.И.Гончаров // ЭИ. Обработка давлением. – Вып. 2. – М.: НИИМаш, 1972. – С. 1-7. 3. Харлашкин В.В. Разработка и внедрение механических прессов с клиношарнирным приводом ползуна для точной штамповки: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.05 / Харлашкин В.В. – Краматорск, 1986. – 188 с. 4. Трофимов В.И. Разработка винтоклинового пресса на основе клиношарнирного механизма для точной штамповки низких заготовок: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.05 / Трофимов В.И. – Краматорск, 1990. – 231 с. 5. Роганов Л.Л. Исследование механизмов с переменной клиновидностью для технологических процессов обработки металлов давлением с максимальным начальным усилием / Л.Л.Роганов, С.Г.Карнаух, Н.В.Чоста, В.Е.Шоленинов // Обработка материалов давлением: сб. научн. тр. – Краматорск: ДГМА, 2008. – № 1 (19). – С. 342-347. 6. Роганов М.Л. Сравнительная оценка кинематических и силовых параметров механизмов привода механических прессов / М.Л.Роганов, Н.В.Чоста // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: тематич. зб. наук. пр. – Краматорськ - Слов'янськ: ДДМА, 2004. – С. 38-41. 7. Манилык Т. Практическое применение программного комплекса ABAQUS в инженерных

задачах. Версия 6.5 / Т.Манилык, К.Ильин. – М.: МФТИ, Тезис, 2006 – 68 с. **8.** Ланской Е.Н. О параметрах жесткости прессов / Е.Н.Ланской // Кузнечно-штамповочное производство. – 2008. – № 8. – С. 35-39.

Поступила в редколлегию 30.09.2009