

Таким образом, разработанный программный комплекс обеспечивает исследователю (проектировщику) возможность самостоятельно вносить изменения в математическую модель и расчеты в среде MathCAD без редактирования программного кода, при этом автоматизация на основе использования функций интерфейсов программирования приложений (API) исключает ручные трудоемкие операции по переносу данных с одного итерационного уровня вычислений на следующий, уменьшая время выполнения полного цикла расчетов до 7 минут, что в 6 раз производительнее последовательной работы с локальными расчетными модулями и ручным переносом данных.

Библиографические ссылки

1. Могильников Е. В. Геометрический синтез и анализ приближенного внутреннего арочного зацепления планетарной передачи типа 2К-Н : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.18. – Ижевск, 2011. – 150 с.

2. Кузнецов В. С., Могильников Е. В. Математическое и компьютерное моделирование поверхности арочного зуба в станочном зацеплении // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2010. – № 3. – С. 29–32.

3. Кузнецов В. С., Могильников Е. В. Моделирование поверхности внутреннего арочного зуба планетарной передачи в станочном зацеплении // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2011. – № 2. – С. 17–21.

4. Кузнецов В. С., Могильников Е. В. Комплексный подход к моделированию зацеплений планетарной передачи 2К-Н с арочными зубьями // Вестн. машиностроения. – 2011. – № 6. – С. 29–33.

5. Кузнецов В. С., Кузнецов А. С., Могильников Е. В. Вопросы проектирования и производства планетарных передач с локализованным контактом // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та им. М. Т. Калашникова. – 2013. – № 2. – С. 10–12.

V. S. Kuznetsov, PhD in Engineering, Associate Professor, Glazov branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

A. S. Kuznetsov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

E. V. Mogilnikov, PhD in Engineering, Associate Professor, Glazov branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Integration of CAD in problems of investigating the arch tooth contact localization

The article examines the efficiency of solving the applied tasks of researching the arch tooth contact localization by creating the integrated software solutions on the basis of mathematical programming and functions of application programming interfaces (API).

Keywords: arched tooth, software for automated calculation, modeling of planetary gears with localized contact, mathematical programming

Получено: 08.11.13

УДК 621.979

С. В. Кузнецов, кандидат технических наук, доцент

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Работа посвящена разработке экспериментальных способов непосредственного и косвенного определения поперечных (горизонтальных) сил, возникающих при выполнении технологических операций обработки металлов давлением в зависимости от условий их проведения.

Ключевые слова: обработка металлов давлением, поперечные силы, способы определения сил

При выполнении операций обработки металлов давлением на любом из существующих видов оборудования, кроме сил, действующих вдоль оси деформирования, отмечено возникновение поперечных (действующих в плоскости разреза штампа и перпендикулярных оси деформирования) сил. Их появление в основном отрицательно сказывается на пресовом оборудовании и штамповой оснастке.

Разработка способа экспериментального определения поперечных сил в рабочей зоне машины, а также определение численных значений величин данных сил и является основной целью исследования, представленных в данной работе. Целесообразность проведенных исследований обусловлена необходимостью увеличения надежности кузнечно-прессового оборудования и штамповой оснаст-

ки за счет определения и дальнейшего учета величины поперечных сил в рабочей зоне машины при различных процессах обработки металлов давлением.

В результате анализа литературных источников установлено, что возникновение поперечной силы связано с наличием двух основных факторов: а) перекосом ползуна прессы вследствие эксцентрично приложенной нагрузки (несовпадения центра давления штампа с центром давления прессы). Перекос ползуна прессы зависит от величины нагрузки и эксцентриситета ее приложения, величины зазоров и жесткости подвижных соединений, особенно направляющих ползуна и штампа; б) вида и особенностей выполнения конкретной технологической операции.

Методика определения исследуемых сил вследствие перекоса ползуна пресса представлена в работе О. С. Кошелева и С. В. Кузнецова «Методика определения горизонтальных сил, возникающих при штамповке» (Кузнечно-штамповочное производство. 1997. № 4. С. 21–23).

Для проведения экспериментальных работ было спроектировано, изготовлено и опробовано измерительное устройство для одновременного определения поперечных сил, возникающих от технологической операции и перекоса ползуна пресса (рис. 1).

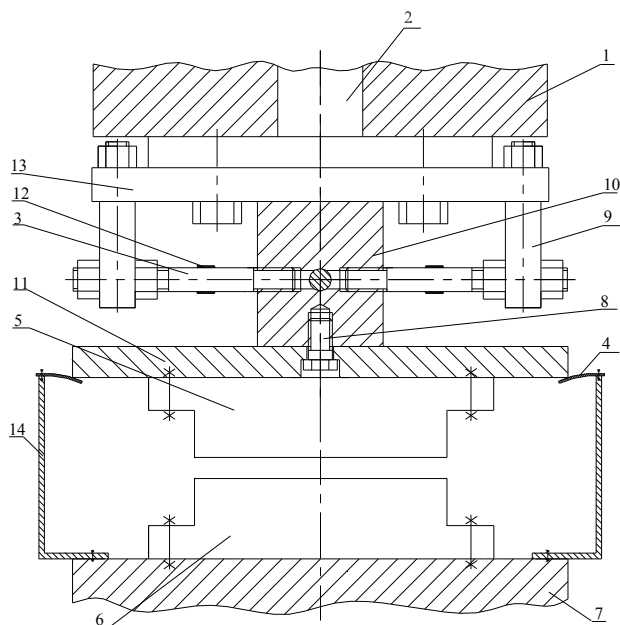


Рис. 1. Схема измерительного устройства для одновременного определения поперечных сил, возникающих от технологической операции и перекоса ползуна пресса, и расположение датчиков относительно ползуна пресса: 1 – ползун пресса; 2 – узел крепления; 3 – стержни силоизмерительные; 4 – датчики перемещений; 5 – верхняя половина штампа; 6 – нижняя половина штампа; 7 – стол пресса; 8 – узел (устройства) крепления промежуточной плиты к измерительной схеме; 9 – держатель вспомогательный; 10 – держатель основной; 11 – плита промежуточная; 12 – тензодатчики; 13 – плита опорная; 14 – устройства фиксации датчиков перемещений

Принцип действия измерительного устройства основан на разрыве жесткой связи между верхней плитой штампа и ползуном пресса. Измерение перекоса ползуна пресса 1 производится на основании замеров расстояний датчиками перемещений 4, установленных по углам ползуна пресса, между ползуном (при его движении) и базовой плоскостью (столом пресса 7).

Конструкция датчика перемещений представлена на рис. 2. При значительных величинах перемещений ползуна могут применяться иные типы датчиков определения перемещений, принцип действия которых основан на изменении сопротивления по мере перемещения ползуна.

Для передачи нагрузок, действующих в плоскости разреза штампа, вводятся четыре силоизмерительных стержня 3 и четыре вспомогательных держателя 9.

Силоизмерительные стержни расположены в плоскости разреза штампа под углом 90° друг относительно друга. На силоизмерительных стержнях расположены тензодатчики 12. Вспомогательные держатели жестко зафиксированы на опорной плите 13, которая, в свою очередь, жестко крепится к ползуну пресса 1, например, посредством хвостовика 2. Верхняя половина штампа крепится к держателю основному 10 либо непосредственно при помощи специального узла крепления 8, либо через промежуточную плиту 11.

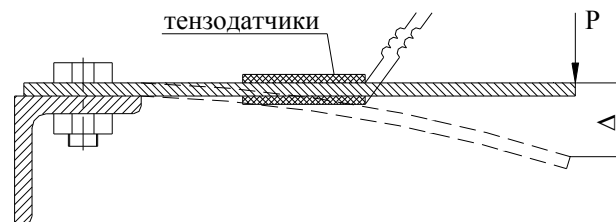


Рис. 2. Конструкция датчика перемещений

Определение поперечных сил в направлении силоизмерительных стержней производится по величинам их деформаций при помощи регистрирующей аппаратуры (аналого-цифровой преобразователь с выводом на ЭВМ). Величина и направление регистрирующей поперечной силы в рассматриваемый момент времени определяется как векторная сумма сил на основании результатов, полученных с каждого силоизмерительного стержня (при помощи созданной программы для ЭВМ).

Предлагаемое измерительное устройство может быть установлено и применено на любом типе кузнечно-прессовых машин с незначительными конструктивными изменениями.

При исследованиях применялся метод прямого тарирования, для чего измерительное устройство нагружалось вдоль каждого силоизмерительного стержня известной по величине силой, замеряемой при помощи динамометра.

Таким образом, на основе представленного выше способа была решена задача непосредственного определения поперечных сил.

Поперечные силы могут быть найдены и при рассмотрении обратной задачи (косвенное определение исследуемых сил), т. е. на основе измерения величин перемещений ползуна пресса определяются силы, которые их вызвали. Однозначно определить положение ползуна пресса возможно по пространственному положению двух взаимно перпендикулярных плоскостей, в качестве которых принимаем боковую и торцевую плоскости ползуна пресса (рис. 3).

В свою очередь, положение плоскости в пространстве может быть определено по трем точкам, не лежащим на одной прямой. Следовательно, для решения поставленной задачи необходимо шесть датчиков перемещений, устанавливаемых согласно представленной на рис. 3 схеме.

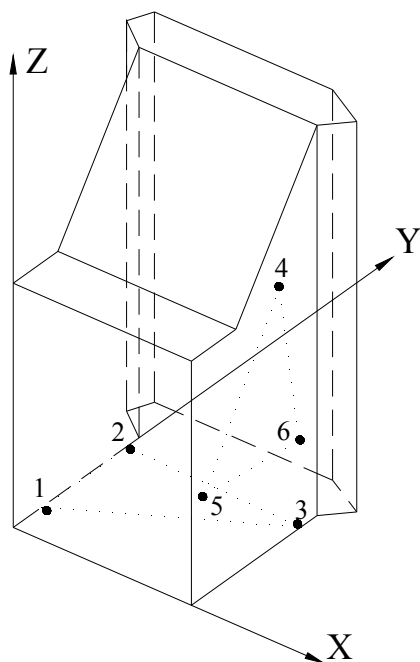


Рис. 3. Схема проведения эксперимента для определения положения в пространстве ползуна пресса и расположения датчиков перемещений относительно ползуна пресса

Для проведения экспериментальных работ было спроектировано и изготовлено измерительное устройство, в котором шесть датчиков перемещений (на рис. 3 обозначены точками с соответствующими номерами) жестко закреплены с помощью кронштейнов на столе и станине пресса согласно представленной на рис. 3 схеме. Конструкция датчиков перемещений аналогична представленной на рис. 2. Ползун в направляющих в течение рабочего хода меняет свое положение. По величинам перемещений каждой из замеряемых точек, которые фиксировались датчиками перемещений при помощи регистрирующей аппаратуры (аналого-цифровой преобразователь с выводом на ЭВМ), проводилось определение положения в пространстве ползуна пресса. Для сопоставления перемещений ползуна пресса и сил, вызывающих данные перемещения (поперечных сил), проводилось нагружение ползуна пресса в направлении осей X , Y и под 45° к ним (рис. 3) известной по величине силой, фиксируемой при помощи динамометра. При нагружении прикладываемая сила ступенчато возрастала по величине (до 10 раз), т. е. при сохранении направления сила увеличивалась в два, три, четыре и т. д. раза, причем максимальное значение прикладываемой поперечной силы равнялось величине силы от выполняемой технологической операции. Параллельно с этим производилась фиксация перемещений ползуна пресса для каждого значения прикладываемой силы. Таким образом, для нахождения поперечной силы сопоставлялись значения экспериментально полученных перемещений ползуна при выполнении конкретной технологической операции с перемещениями, вызванными известными по величине и направлению силами.

Экспериментальные исследования для решения прямой и обратной задач проводились на прессе модели K2124 (номинальной силой 250 кН) при выполнении различных технологических операций листовой штамповки (вырубка-пробивка, вытяжка с прижимом и без него для осесимметричных и неосесимметричных деталей, одно- и двухугловая гибка).

Выводы

1. Экспериментально подтвержден факт появления в процессе выполнения операций обработки давлением поперечных сил.

Величина горизонтальных сил может достигать:

- до 0,01 % от силы деформирования для операции вырубки-пробивки;
- до 3,5 % от силы деформирования для операции вытяжки осесимметричных деталей;
- до 3,9 % от силы деформирования для операции одноугловой гибки;
- до 6,9 % от силы деформирования для операции двухугловой гибки;
- до 48,3 % от силы деформирования для операции вытяжки неосесимметричных деталей, причем неравномерность прижима по периметру заготовки может привести к увеличению поперечной силы до 3,5 раза.

Также наблюдается опрокидывание ползуна пресса при выполнении технологической операции.

2. Представленные результаты экспериментов позволяют сделать вывод, что поперечные силы должны учитываться при проектировании и эксплуатации кузнечно-прессового оборудования и штамповой оснастки.

3. Неточность наладки штампов (несоосность пуансона и матрицы, неравномерность зазора между ними по периметру, особенности установки заготовки и т. д.) может увеличивать величину горизонтальной силы до 2,2 раза.

4. Подтверждено предположение о том, что поперечные силы могут возникать вследствие особенностей выполняемой технологической операции и перекоса ползуна пресса.

5. Можно предположить, что поперечные силы отрицательно влияют на прессовое оборудование, штамповую оснастку и качество получаемых деталей:

- являются причиной смещений и опрокидываний ползуна и верхней половины штампа, что является причиной нарушения соосности пуансона относительно матрицы и, как следствие, отрицательно влияет на точность и качество получаемых деталей;
- приводят к появлению дополнительных нагрузок на направляющие узлы пресса и штампового блока, являются причиной увеличения сил трения в них и, как следствие, вызывают их повышенный износ и снижают энергетические характеристики проводимой операции;
- приводят к возникновению ударных нагрузок, шуму, вибрациям;
- ухудшают работу других узлов пресса (уравновешивателей и др.) за счет вызываемых ими смещений.

* * *

S. V. Kuznetsov, PhD in Engineering, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev

Experimental definition of cross-section forces arising at operations of pressure metals processing

The work is devoted to development of experimental ways of direct and indirect definition of cross-section (horizontal) forces arising when performing the technological operations of metal processing by pressure depending on their performance conditions.

Keywords: processing of metals by pressure, cross-section forces, ways of force definition

Получено: 08.11.13

УДК 623.45(045)

Ю. Н. Липченко, кандидат технических наук,
заместитель генерального директора – директор;
Г. В. Цымбалов, начальник контрольно-испытательной станции;
Р. Р. Шарипов, заместитель начальника контрольно-испытательной станции
Ногинский филиал ОАО «НПО «Прибор»
В. И. Заболотских, доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор
Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС РЕГИСТРАЦИИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ МАЛОКАЛИБЕРНЫХ БОЕПРИПАСОВ

Приведен состав автоматизированного комплекса регистрации видеоинформации для проведения испытаний малокалиберных боеприпасов и гранатометных выстрелов, сформулированы основные требования к его структуре. Рассмотрены примеры применения профессиональной видеокамеры «Canon XL2» с комплектом объективов, скоростной видеокамеры «Видеоспринт» с максимальной частотой кадров 10 000 кадров в секунду, высокоскоростного регистратора с частотой кадров более 2 млн кадров в секунду.

Ключевые слова: малокалиберные боеприпасы, регистрация, видеоинформация, процесс измерения, автоматизация, скорость и направления разлета фрагментов

Разработка и производство малокалиберных артиллерийских боеприпасов и гранатометных выстрелов невозможны без наличия эффективной экспериментальной базы, оснащенной развитой структурой специальных зданий, сооружений, испытательных площадок, измерительных комплексов [1]. Неотъемлемой частью экспериментальной базы является система визуализации. Исследования, проведенные на контрольно-испытательной станции ОАО «НПО «Прибор», показали высокую эффективность и информативность применения автоматизированных средств регистрации видеоинформации при проведении испытаний малокалиберных боеприпасов (МКБ).

Основные требования к автоматизированному комплексу регистрации видеоинформации при испытании малокалиберных боеприпасов вытекают из следующих условий:

- широкая номенклатура подвергаемых испытаниям малокалиберных боеприпасов и многообразие видов испытаний;
- необходимость оперативного анализа для принятия решений как по результатам отдельных экспериментов, так и по результатам испытаний в целом;
- регистрация видеоинформации об испытаниях должна осуществляться как в условиях закрытых трасс (тиров), так и в условиях испытательного полигона (полевых условиях);
- скорости изделий и их фрагментов могут составлять от нескольких десятков до нескольких ты-

сяч м/с, а длительности исследуемых процессов могут составлять от нескольких микросекунд до десятков секунд.

Автоматизированный комплекс регистрации видеоинформации быстропротекающих процессов контрольно-испытательной станции ОАО «НПО «Прибор» позволяет проводить видеосъемку при проведении испытаний широкого спектра малокалиберных боеприпасов как в закрытом помещении (баллистические трассы), так и на открытых площадках в любое время года [2].

В состав автоматизированного комплекса входят:

- профессиональная видеокамера «Canon XL2» с комплектом объективов;
- скоростная видеокамера «Видеоспринт» с максимальной частотой кадров 10 000 кадров в секунду;
- высокоскоростной регистратор с частотой кадров более 2 млн кадров в секунду.

Заглубленные баллистические трассы, специально оборудованные бронированными окнами по всей длине, позволяют производить съемку работы вооружения, полет изделий на начальном участке траектории, процессы разделения элементов (фрагментов) снарядов, процессы нутации, встречи с преградой и подрывов зарядов.

Необходимо отметить, что в настоящее время в ОАО «НПО «Прибор» осуществлен переход на цифровые методы оптической регистрации, что, в свою очередь, позволяет автоматизировать процес-