

УДК 621.979

С.В. Кузнецов

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

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.

Разработка способа экспериментального определения поперечных сил в рабочей зоне машины, а также определение численных значений величин данных сил является основной целью данной статьи. Целесообразность проведенных исследований обусловлена необходимостью увеличения надежности кузнечно-прессового оборудования и штамповой оснастки за счет определения и дальнейшего учета величины поперечных сил в рабочей зоне машины при различных процессах обработки металлов давлением.

Было установлено, что возникновение поперечной силы связано с наличием двух основных факторов:

а) перекосом ползуна пресса вследствие эксцентрично приложенной нагрузки (несовпадения центра давления штампа с центром давления пресса). Перекос ползуна пресса 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 [1].

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).

Принцип действия измерительного устройства основан на разрыве жесткой связи между верхней плитой штампа и ползуном пресса. Измерение перекоса ползуна пресса I 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.

На рис. 1 обозначено: 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.

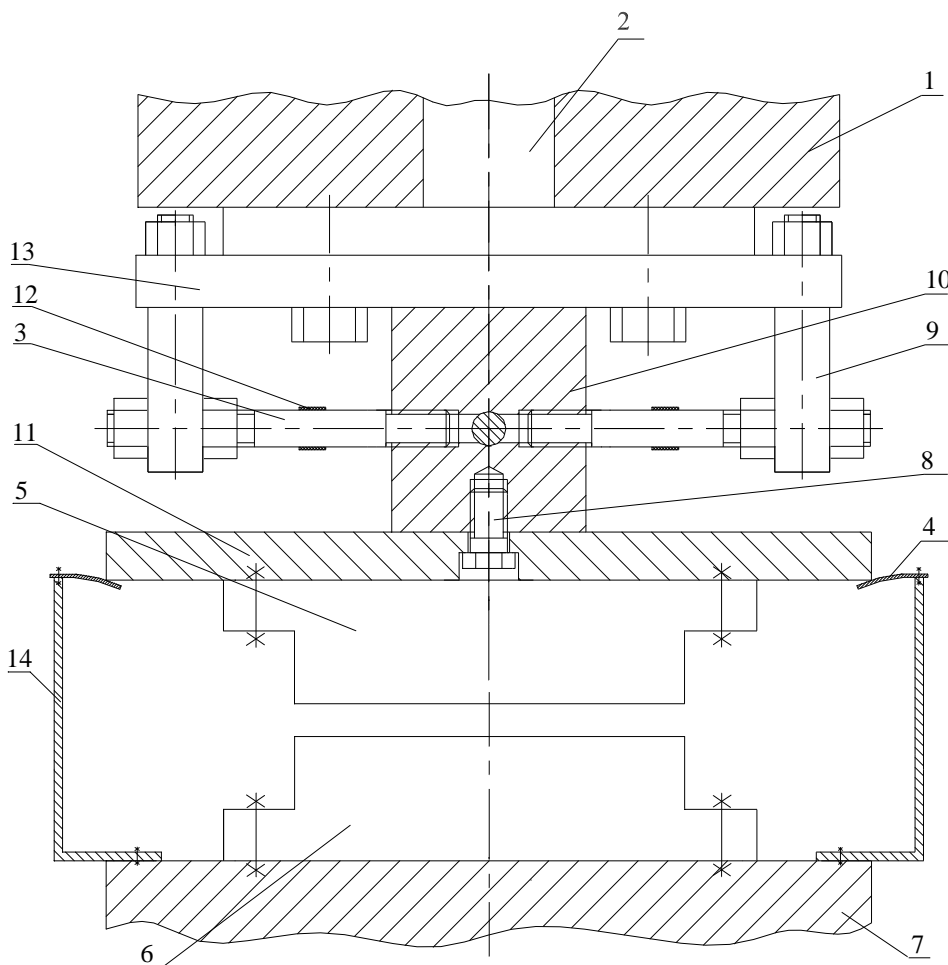


Рис. 1. Схема измерительного устройства для одновременного определения поперечных сил, возникающих от технологической операции и перекаса ползуна прессы и расположение датчиков относительно ползуна прессы

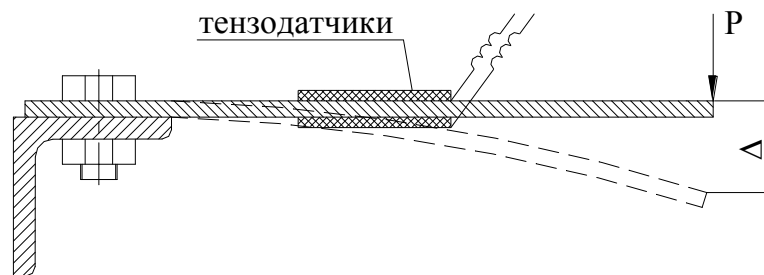


Рис. 2. Конструкция датчика перемещений

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 прессы 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.

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 результирующей поперечной силы в рассматриваемый момент времени определяются 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, измеряемой при помощи динамометра.

Таким образом, на основе представленного 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.

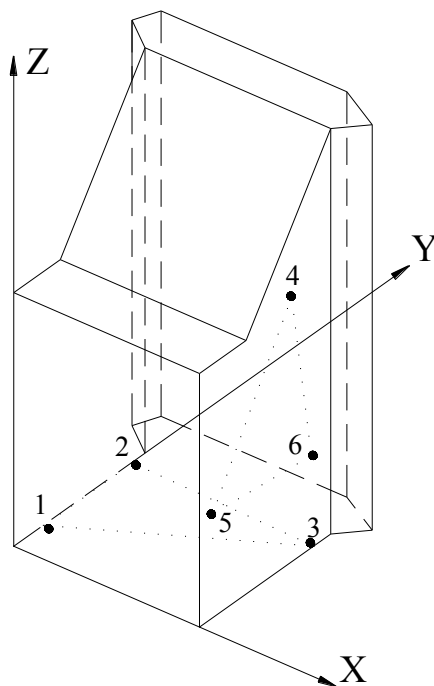


Рис. 3. Схема проведения эксперимента для определения положения в пространстве ползуна пресса и расположение датчиков перемещений относительно ползуна пресса

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 прессы.

Для сопоставления перемещений ползуна прессы и сил, вызывающих данные перемещения (поперечных сил) проводилось нагружение ползуна прессы 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 прессы для каждого значения прилагаемой 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 К2124 (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;
- 3,5% от силы деформирования для операции вытяжки осесимметричных деталей;
- 3,9% от силы деформирования для операции одноугловой гибки;
- 6,9% от силы деформирования для операции двухугловой гибки;
- 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 раз.

Также наблюдается опрокидывание ползуна прессы 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 раз.

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

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

– 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 получаемых деталей;

– приводят к появлению дополнительных нагрузок на направляющие узлы прессы 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.

Библиографический список

1. Кошелев, О.С. Методика определения горизонтальных сил, возникающих при штамповке / О.С. Кошелев, С.В. Кузнецов // Кузнечно-штамповочное производство. 1997. № 4. С. 21–23.
2. Кузнецов, С.В. Экспериментальное определение поперечных сил, возникающих при выполнении обработки металлов давлением // Интеллектуальные системы в производстве. – Ижевск. 2013. №2. С. 66–69.

*Дата поступления
в редакцию 11.12.2014*

S.V. Kuznetsov

TECHNIQUE OF EXPERIMENTAL DEFINITION OF CROSS-SECTION FORCES DEPENDING ON CONDITIONS OF THEIR HOLDING FOR METAL FORMING OPERATIONS

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

Purpose: Operation is devoted working out of experimental modes of direct and indirect definition of the cross-section forces arising at execution of operations of a metal forming depending on conditions of their holding.

Design/ methodology/ approach: For holding of experimental operations the measuring device for simultaneous definition of the cross-section forces arising from an operation and a distortion of a sliding bar of a press has been designed, fabricated and tested.

Findings: Experimentally the fact of occurrence in the course of execution of processes of handling by pressure of cross-section forces is confirmed. Cross-section forces should be considered at projection and maintenance of squeezers and dies. The conjecture that cross-section forces can arise owing to features of an executable operation and a distortion of a sliding bar of a press is confirmed.

Research limitation/ implications: The offered new mode of definition of cross-section forces can be used at a design stage of the equipment and fitting-out as specifying to the existing.

Originality/ value: The original technique of experimental definition of cross-section forces has been developed for metal forming operations.

Key words: processing of metals by pressure, cross-section forces, ways of definition of forces.