

УДК 621. 979

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СТАНИНЫ ЛИСТОШТАМПОВОЧНОГО МНОГОПОЗИЦИОННОГО АВТОМАТА В УСЛОВИЯХ ВНЕЦЕНТРЕННОГО НАГРУЖЕНИЯ

© 2015 Е.П.Орлова, М.Е.Исаметова

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (г.Алматы, Казахстан)

Статья поступила в редакцию 06.11.2015

Исследовано напряженно-деформированное состояние станины листоштамповочного многопозиционного автомата АА821 ус. 200 кН в условиях внецентренного приложения деформирующих усилий. Для определения углов перекоса ползуна и смещений инструмента от деформаций деталей кривошипно-ползунного механизма и элементов станины проводились эксперименты в условиях статики и динамики. При статическом исследовании деформаций нагрузка создавалась гидронагружателями и прикладывалась к крайним позициям автомата, а при динамическом исследовании деформаций автомата АА821 номинальная нагрузка равномерно распределялась на два крайних и два средних пуансона путем осаживания протарированных на разные усилия крешеров. По экспериментальным данным приведен анализ доли деформаций составляющих частей станины в общем балансе пресса-автомата. Напряженно-деформированное состояние автомата исследовано методом конечных элементов посредством компьютерного САЕ пакета APM Win Machine. Приведена расчетная механическая схема и визуализация диаграммы результатов напряжений, перемещений, деформаций. Анализ результатов, полученных с использованием компьютерного моделирования, показал, что наибольшую величину в общем балансе деформации станины составляет деформация стола и стоек, что хорошо верифицируется с экспериментальными результатами. Даны рекомендации позволяющие снизить упругую деформацию пресса.

Ключевые слова: листоштамповочный многопозиционный автомат, станина, напряженно-деформированное состояние.

При конструировании многопозиционных листоштамповочных автоматов важнейшей задачей, наряду с обеспечением необходимой прочности, является обеспечение их достаточной жесткости. От жесткости базовой детали (станины, на которой замыкается технологическое усилие) автоматов, зависят их работоспособность, долговечность, положение ползуна в направляющих и, в конечном счете, точность получаемых изделий и стойкость инструмента.

При эксплуатации многопозиционных листоштамповочных автоматов наблюдается неравномерное распределение деформирующих усилий по переходам штамповки.

Вследствие того, что равнодействующая всех рабочих усилий приложена на некотором расстоянии от оси симметрии в плоскости XOY, возникает перекося ползуна в трех главных плоскостях: XOY, XOZ, ZOY. Этот перекося влечет за собой ряд вредных и нежелательных явлений: износ направляющих, изгиб шатунов, смещение и изгиб

пуансона и ряд других, которые в совокупности ведут к потере технологической надежности (ускоренному износу инструмента и неточности штампуемых изделий).

Подробный анализ усилий, действующих на станину при работе кривошипного открытого пресса, дан в работах [1, 2, 3]. Показано, что деформации станины определяются в основном: усилием, приложенным к коренным шейкам кривошипного вала, направленным вверх по оси действия нагрузки; усилием, равным технологическому, приложенному к поверхности стола и распределенному по площади крепления штампа; и распределенным усилием на направляющие, действующим от ползуна пресса.

В более поздних исследованиях [4-8] предложены критерии выбора рациональных параметров сечений станин открытого типа кривошипных прессов, позволяющих повышать долговечность используемого инструмента и качество получаемых изделий за счет снижения изгибных деформаций стоек станин и снижения металлоемкости.

В работах [9-10] рассмотрено влияние упругих деформаций деталей многопозиционных листоштамповочных автоматов и элементов станины на смещение инструмента, даны рекомендации, позволяющие снизить нагрузки на основные узлы автоматов и инструмента, однако

Орлова Елена Петровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроительного производства». E-mail: lenochka_60@mail.ru

Исаметова Мадина Есдаулетовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроительного производства». E-mail: isametova69@mail.ru

исследования в этой области необходимо продолжить.

Целью данной работы является исследование напряженно-деформированного состояния станин многопозиционных листоштамповочных прессов в условиях неравномерного нагружения.

С целью определения углов перекоса ползуна и смещений инструмента от деформаций деталей КПМ и элементов станины проводились эксперименты в условиях статики и динамики. На рис. 1 приведена схема расположения точек измерения и деформаций в станине автомата АА821.

При статическом исследовании деформаций нагрузка создавалась гидронагружателями, прикладывавшаяся к крайним позициям (под штампами) и была равна наибольшей реакциям, найденным по графику усилий [11] для рационального технологического процесса. Контроль усилий при испытании осуществлялся по показаниям манометра класса 1,0.

При динамическом исследовании деформаций автомата АА821 номинальная нагрузка равномерно распределялась на два крайних и два средних пуансона, а для автомата А6126Б на три левые и три правые позиции путем осаживания протарированных на разные усилия крешеров [10].

Определение линейных деформаций деталей кривошипно-ползунных групп ЛМА проведено на основе измерения перемещений различных точек индикаторами часового типа, а перемещения ползуна с помощью ходографа. Державки индикаторов закреплялись на специальной стойке, а для замера контактных деформаций в стыках применялись индикаторные стойки с магнитными основаниями.

В табл. 1 приведен баланс деформаций, замеренных с помощью индикаторов у крайних пуансонов (линий опор кривошипов и посередине у пятой позиции для трех ЛМА при статическом нагружении. Установлены зависимости между элементами КПМ.

Деформации станины у линий опор кривошипов (крайних позиций) составляют 0,57...0,68 от деформации посередине стола (у 5-й позиции). Наибольшую величину в общем балансе деформации станины составляет деформация стола, равная примерно 77...81%, а стрела его прогиба составляет 43...33 %. Доля стоек составляет примерно 10...14 %, а доля траверсы 8...11 %.

В общем балансе деформаций автомата на долю станины приходится 25...40%, а у автомата АА821 из-за недостаточной жесткости стола деформация станины ($\delta_{\text{стн}}$) составляет 63 % от общей деформации.

Из табл. 1 видно, что стрела прогиба ползуна составляет 32...45 % от общей деформации элементов КПМ. Деформации деталей КПМ (шатуна, верхняя головка шатуна, опора вала) составляют до 30% в общем балансе деформаций узла ползуна, а для А6126Б они составляют 52%. Деформация

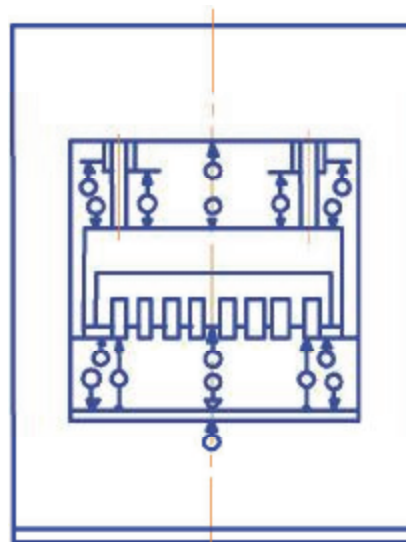


Рис. 1. Схема измерения деформаций в станине автомата АА821 усилием 200 кН

шатунно-ползунной группы деталей (сопряжения шатуна с ползуном) составляют небольшую величину до 17 % (для АА821 - 3%).

Суммарная деформация деталей между ползуном и кривошипом без учета деформации патрона (инструмента) составляет 31% для АА821 и 68% для А6126Б от общей деформации $\delta_{\text{кпм}}$. На долю инструмента приходится деформация [10], равная 30...35% от общей деформации $\delta_{\text{кпм}}$. В целом деформация КПМ составляет 35% для АА821 и 68 % для А6126Б.

Таким образом, основное внимание при конструировании автоматов должно уделяться уже сточению деталей КПМ, инструмента и ползуна.

Для определения напряженно-деформированного состояния станины автомата АА821 усилием 200 кН был использован численный метод, базирующийся на теории конечных элементов, реализованный в программе АРМ WinMachine.

Построение конечно-элементной модели ползуна выполнялось с использованием трехмерного объемного элемента ТЕТРА (четырёх узловой тетраэдр).

При расчете принимается, что станина нагружена вертикально направленными усилиями, равными соответствующим значениям технологических операций в долях от номинального усилия [11], а нагрузка на стол равномерно распределена на 0,3-0,5 глубины стола. При расчете не учитывается влияние мелких приливов и отверстий, а также незначительных изменений толщин сечений.

Отпором фундамента из-за его высокой податливости по сравнению с податливостью материала станины можно пренебречь. Материал станины принимается изотропным.

На рис. 2 показаны расчетная схема станины листоштамповочного автомата.

Результаты расчетов напряженно-деформированного состояния станины показаны на рис. 3-6.

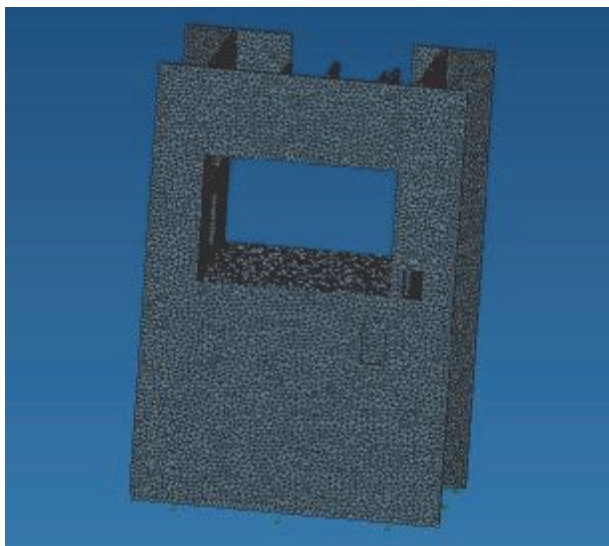


Рис. 2. Расчетная схема станины листоштамповочного автомата

Результаты полученных данных позволяют нам сделать следующие выводы.

Максимальные по величине напряжения (108,3 Н/мм²) и деформации (0,0001915) воз-

никают в столе и правой стойке станины, т.е. там, где приложено суммарное технологическое усилие, что хорошо согласуется с результатами экспериментальных исследований (табл. 1). Максимальное перемещение стола, равное 0,26 мм возникает в столе автомата со стороны правой стойки.

Коэффициент запаса прочности по текучести составляет 3,268, тогда как допускаемый коэффициент для стального проката $n_T = 2,5 \div 3$, что говорит о необходимости ужесточения конструкции станины.

ВЫВОДЫ

Для снижения деформаций в столе и стойках станины необходимо рационально строить технологический процесс, позволяющий уменьшить величину эксцентриситета приложения равнодействующей технологической нагрузки, что даст возможность повысить долговечность используемого инструмента и качество получаемых изделий за счет снижения изгибных деформаций стоек станин и снижения металлоемкости.

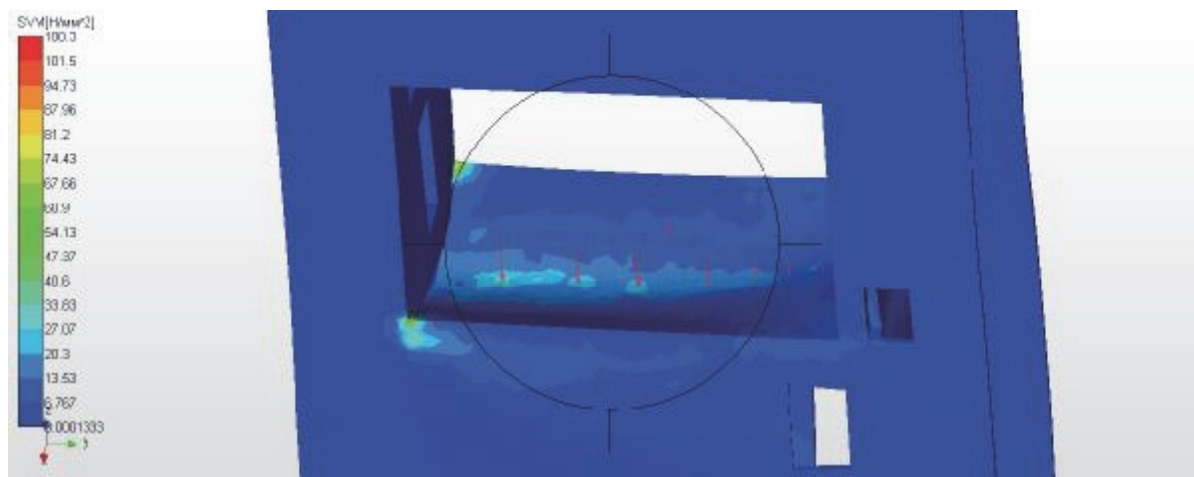


Рис. 3. Карта распределения напряжений

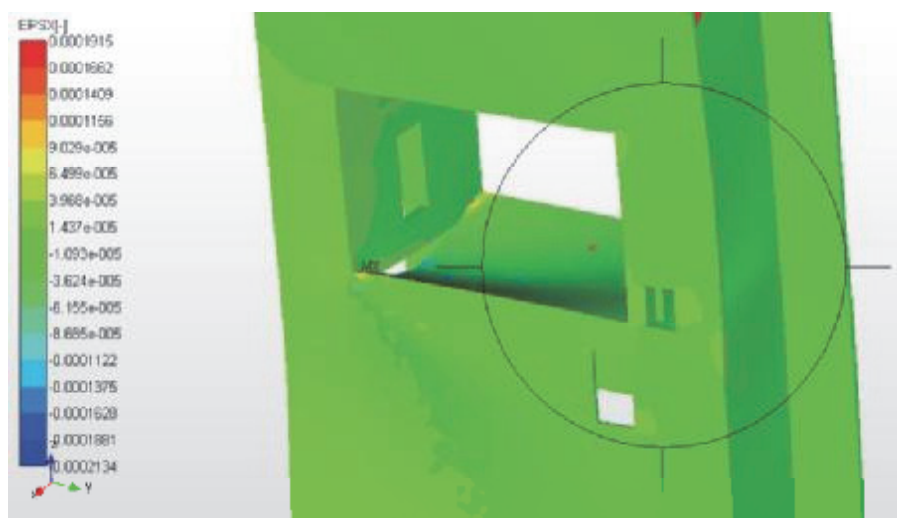


Рис. 4. Карта распределения деформаций

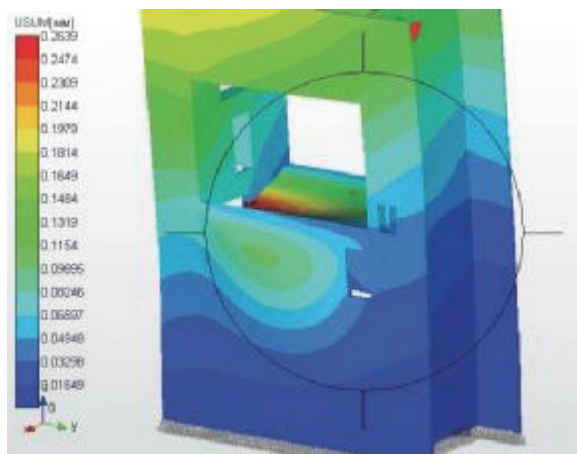


Рис. 5. Карта распределения перемещений

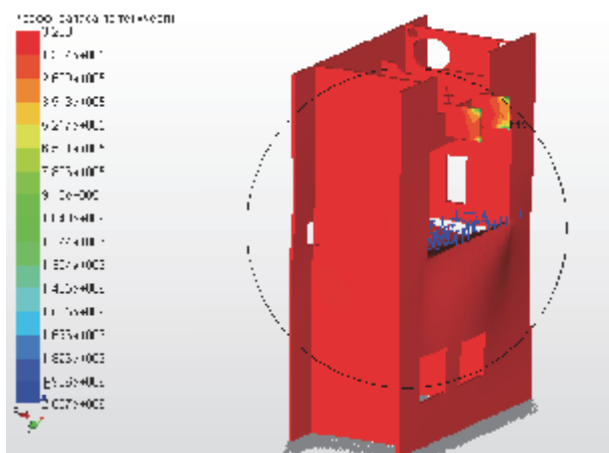


Рис. 6. Коэффициент запаса прочности

Результаты, полученные при моделировании для определения прочности станины, могут быть использованы при разработке и усовершенствовании подобных прессов-автоматов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривошипные кузнечнопрессовые машины. Теория и проектирование [Под ред. В.И.Власова]. М.: Машиностроение, 1982. 424 с.
2. Ланской Е.Н. Исследование жесткости кривошипных двухстоечных прессов открытого типа. Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1954. 121 с.
3. Ланской Е.Н., Банкетов А.Н. Элементы расчета деталей и узлов кривошипных прессов. М.: Машиностроение, 1967. 380 с.
4. Корнилова А.В., Ланской Е.Н., Цой В.П. К расчету открытых станин кривошипных прессов // Кузнечно-штамповочное производство. 1991. №2. С. 15-20.
5. Корнилова А.В. К вопросу о проектировании станин открытых кривошипных прессов // Сборник научных трудов «Системы пластического деформирования» МГТУ «Станкин». 2004. С. 40-47.
6. Корнилова А.В., Непершин Р.И. Оптимальное проектирование сечения стоек станин открытых прессов // Сборник трудов международной шко-

Таблица 1. Баланс экспериментальных деформаций элементов станины у 5-ой позиции

| Модель автомата | Усилие, кН | Стол | | | | Стойка | | | | Траверса | Общая деформация станины | | Деформация автомата δ_a , мм | |
|-----------------|------------|--|--|------------------------|---|---|---|--|--|----------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------|
| | | Стрела прогиба между 1-ой и 8-й позиций $\delta'_{стп}$, мм | $\frac{\delta'_{стп}}{\delta_{стп}}$, % | Общая деформация стола | $\frac{\delta_{стп}}{\delta_{стп}}$, % | Деформация левой стойки $\delta^l_{стп}$, мм | Деформация правой стойки $\delta^{пр}_{стп}$, мм | Средняя деформация стоек $\delta^{ср}_{стп}$, % | $\frac{\delta^{ср}_{стп}}{\delta_{стп}}$, % | | Деформация траверсы $\delta_{тр}$ | $\frac{\delta_{тр}}{\delta_{стп}}$, % | | $\delta_{стп}$, мм |
| AA82I | 200 | 0,3 | 43,0 | 0,54 | 77,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 14,3 | 0,06 | 8,6 | 0,7 | 66,0 | 1,06 |
| A6126B | 400 | 0,12 | 32,5 | 0,3 | 81,2 | 0,04 | 0,03 | 0,035 | 9,5 | 0,04 | 10,8 | 0,37 | 31,9 | 1,16 |
| | | | | | | | | | | | | (0,4) | (66,7) | (0,6) |
| | | | | | | | | | | | | (0,25) | (31,6) | (0,79) |

- лы-семинара «Современные проблемы механики и прикладной математики» (РАН). Воронеж. 2007. С.95-107.
7. Ланской Е.Н., Корнилова А.В. Станина открытого типа. Патент РФ № 452213/27. Опубл. БИ. 1994. № 12. С. 16. .
 8. Корнилова А.В. Новые подходы к проектированию станин открытых кривошипных прессов открытого типа // Тяжелое машиностроение. 2005. №2. С. 2-6.
 9. Орлов П.Г. Листоштамповочные многопозицион-
ные автоматы. Алма-Ата: Издательство «Казак-стан», 1976. 144 с.
 10. Орлов П.Г. Штамповка деталей на листоштамповочных автоматах (основы теории и расчета). М.: Машиностроение, 1984. -160 с.
 11. Орлова Е.П., Носков Ю.Г. Выбор оптимального технологического процесса штамповки на листоштамповочных многопозиционных автоматах // Металлообработка. Обработка металлов давлением. 2012. № 5-6 (71-72). С. 28-33.

DEFINITION OF THE TENSION DEFORMED CONDITION THE BED OF THE SHEET STAMPING AUTOMATIC MULTIWAY PRESS IN THE NON-CENTRAL LOADING CONDITIONS

© 2015 E.P. Orlova, M.E. Isametova

Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev
(Almaty, Kazakhstan)

The tension-deformed condition of a bed of the sheet stamping automatic multiposition press AA821 effort 200 kN was researched in the conditions of the non-central application deforming efforts. For definition of angle of obliquity of the slider and shifts of the tool from deformations of details of the slide-crank mechanism and elements of a bed experiments in the conditions of a statics and dynamics were made. At static research of deformations loading was created by hydraulic loader and put to extreme positions of the machine gun, and at dynamic research of deformations of the AA821 machine gun the rated load was evenly distributed on two extreme and two average punches by an riveting the calibration on different efforts of crushers. On experimental data the analysis of a share of deformations of components of a bed in overall balance of a press machine gun is provided. The intense deformed condition of the machine gun is investigated by method of final elements by means of computer SAE of a package of an automated workplace of Win Machine. The settlement mechanical scheme and charts of results is provided. The analysis of the results received with use of computer modeling showed that the greatest size in overall balance of deformation of a bed is made by deformation of a table and racks that is well verified with experimental results. The recommendations allowing to reduce elastic deformation of a press are made.

Keywords: sheet stamping automatic multiposition press, bed, tension-deformed condition.

Elena Orlova, Candidate of Technics, Associate Professor at the Machine Tools, Materials and Technology of Machine-Building Production Department. E-mail: lenochka_60@mail.ru
Madina Isametova, Candidate of Technics, Associate Professor at the Machine Tools, Materials and Technology of Machine-Building Production Department. E-mail: isametova69@mail.ru