

УДК 621.97

С.В. Кузнецов

**ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ НА КАЧЕСТВО ДЕТАЛЕЙ,
ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДАМИ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассмотрен вопрос оценки влияния поперечных сил, возникающих при выполнении операций листовой штамповки, на точность и качество деталей. Представлена методика определения смещения рабочих частей штампа под действием поперечных сил.

Ключевые слова: обработка металлов давлением, листовая штамповка, поперечные силы, точность, качество деталей.

Повышение точности заготовок, получаемых методами обработки металлов давлением, снижение трудоемкости, повышение надежности кузнечно-прессового оборудования и штамповой оснастки и, как следствие, снижение себестоимости изготовления детали – одна из основных задач современного машиностроения.

Как было установлено в работах [1, 2 и др.], при выполнении операций обработки давлением возникают поперечные силы от технологической операции и перекоса ползуна прессы, воздействующие на штамповую оснастку и кузнечно-прессовое оборудование. Можно предположить, что вне зависимости от причин возникновения в большинстве случаев ухудшаются условия работы штамповой оснастки, а также снижается точность получаемых деталей и стойкость штампов.

Наиболее важным показателем качества штампованных деталей является их точность. Согласно [3], точность листовых штампованных деталей зависит от следующих факторов:

- 1) упругих и пластических свойств материала;
- 2) неоднородности (анизотропии) листового металла;
- 3) геометрических размеров деталей;
- 4) типа штампа и способа фиксации заготовки;
- 5) структуры технологического процесса (количество и последовательность операций);
- 6) степени деформации;
- 7) точности изготовления штампа;
- 8) износа штампа;
- 9) погрешностей прессы и его настройки.

При этом наличие поперечных сил и результатов их воздействий вообще не учитывается.

Таким образом, целью данной работы является оценка влияния поперечных сил на качество деталей, получаемых методами листовой штамповки.

Воздействие поперечных сил, а также вызванных их появлением крутящих моментов на точность штамповки будет в основном проявляться в смещении осей пуансона и матрицы, приводящих к изменению зазоров между ними. Смещение верхней половины штампа относительно нижней возможно только в пределах зазора в направляющих штампов с учетом их упругих деформаций (изгиба). Зазоры в направляющих зависят от их фактического состояния (износа), типов выполняемых операций, требований, предъявляемых к качеству получаемого изделия.

Согласно [4], при трении скольжения колонки с втулками выполняют с допусками по Н6/h5 – Н7/e8 – в зависимости от технологических зазоров и условий работы штампа. Допуски по Н6/h5 применяются для прецизионных штампов. Шариковые узлы направляющих в

зоне движения пригоняются с натягом 0,01–0,015 мм. По данным ОАО «ГАЗ», зазор в замках крупных кузовных штампов устанавливается равным 0,1 мм, а для разделительных операций – принимается равным 0,8 от одностороннего зазора резания, но не более 0,1 мм.

Для различных технологических операций зазор между матрицей и пуансоном различен. Наименьшие значения он составляет для разделительных операций, например, для сталей – от 0 (без зазора) до 8 – 12% от толщины вырубаемого металла, для нержавеющей сталей – от 0,02 до 0,05 мм в зависимости от их толщины, для чистовой вырубki – до 1% от толщины металла ($\leq 0,01$ мм) [3].

Необходимость восстановления штампов обусловлена появлением дефектов получаемых заготовок (несоответствие требуемым линейных размеров, появление заусенцев, дефекты пространственной формы, поверхности и т.д.). Другими словами, деталь может быть признана годной, если ее пространственная форма, качество поверхности, линейные размеры находятся в пределах соответствующих допусков.

Можно предположить, что на стойкость штампов, кроме основных факторов, исследованных в работах [3, 4, и др.], влияет смещение частей штампа, что может приводить к более быстрому появлению брака детали (брак при не изношенной до конца оснастке), и для различных технологических операций данное влияние может различаться.

1. Для разделительных операций (вырубка, пробивка, резка) основной является линейная точность детали и качество поверхности среза

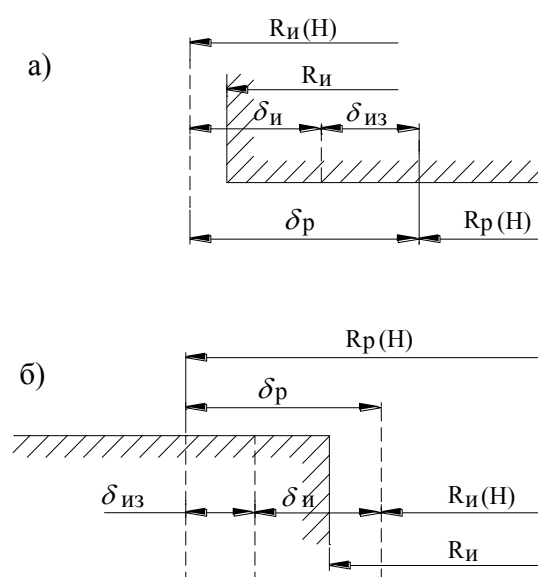


Рис. 1. Схема расположения полей допусков для разделительных операций:

a – для вырубki; *б* – для пробивki; $\delta_{и}$ – поле допусков на размер R_i (H) инструмента; $\delta_{из}$ – поле допусков на износ; δ_p – поле допусков на размер R_p (H) контура разделения

Поля допусков $\delta_{и}$ и $\delta_{из}$ связаны с полем допуска на технологический зазор между контурами, по которым располагаются режущие кромки матрицы и пуансона

Для получения годной детали в процессе эксплуатации штампа до переточки необходимо учитывать величину смещения пуансона относительно матрицы $\delta_{см}$ (см. рис. 2). Оно будет уменьшать величину допуска на износ $\delta_{из}$ (см. рис. 1) при неизменных остальных значениях допусков для уже изготовленного штампа.

$$\delta_{см} = R \cdot \cos \beta - R \cdot \cos(\beta + \alpha).$$

Для использования при расчетах данного уравнения были установлены параметры входящих в него функций.

Основным является угол α , который будет складываться из следующих составляющих:

1) перекоса верхней плиты штампа в зазорах z_K направляющих колонок и втулок:

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{z_K}{L_1},$$

2) прогиба направляющих колонок (для представленной на рис. 2 схемы):

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{y_{\max}}{L_2},$$

где y_{\max} – прогиб одной колонки под действием результирующей горизонтальной силы P_{Γ} .

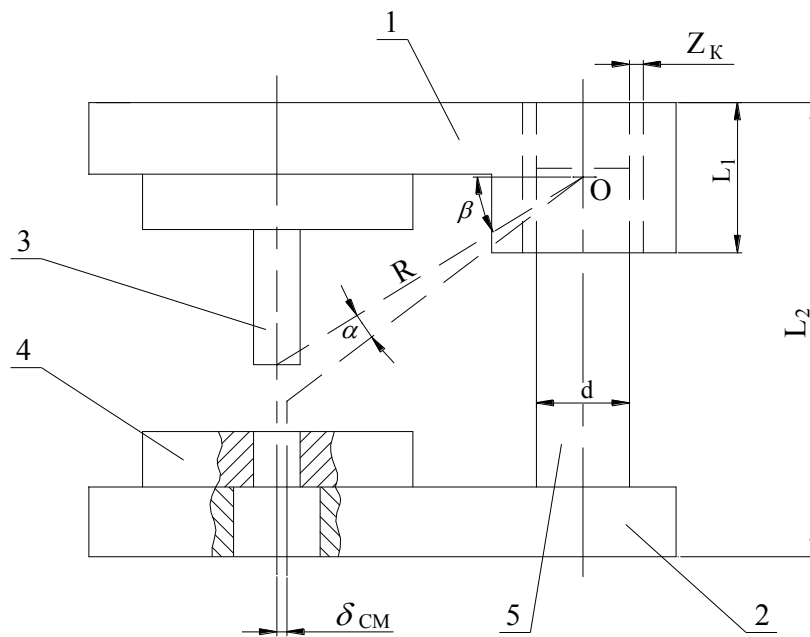


Рис. 2. Схема определения величины смещения пуансона относительно матрицы
1 – верхняя половина штампа; 2 – нижняя половина штампа; 3 – пуансон; 4 – матрица;
5 – направляющий узел (колонка и втулка); O – центр качения

Величина y_{\max} может быть определена по соответствующим формулам сопротивления материалов. Для рассматриваемого случая:

$$y_{\max} = \frac{P_{\Gamma} \cdot L_2^3}{3 \cdot E \cdot J_X},$$

где E – модуль упругости материала колонок,

$$J_X = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \text{ – момент инерции поперечного сечения колонки круглого сечения,}$$

где d – ее диаметр в направлении действия силы P_{Γ} ;

3) угол изгиба пуансона (α_3) под действием горизонтальной результирующей силы P_{Γ} . Определяемый угол может быть определен аналогично рассмотренному выше случаю (для соответствующей формы поперечного сечения пуансона и его размеров).

2. Для операций гибки поле отклонения кривизны от номинального значения определяется [4]:

$$\delta_{\chi_{II-O}} = \Delta\chi_{\rho} - \delta(\Delta\chi_{\rho}).$$

Поле $\Delta\chi_p$ отклонения кривизны χ_p поверхности инструмента от номинального значения задается при выборе уровня точности инструмента. Поле $\delta(\Delta\chi_p)$ отклонения приращения кривизны $\Delta\chi_p$ при разгрузке от его расчетного значения определяется

$$\delta(\Delta\chi_p) = \Delta\chi_{p\sigma} - \Delta\chi_{pM},$$

где

$$\Delta\chi_{p\sigma} = \frac{(1-\mu^2) \cdot M_{z\sigma}}{E \cdot J_{zM}},$$

$$\Delta\chi_{pM} = \frac{(1-\mu^2) \cdot M_{zM}}{E \cdot J_{z\sigma}},$$

$M_{z\sigma}$ – изгибающий момент при наибольших значениях констант кривой упрочнения и наименьших сечениях заготовки, дающих наименьший момент инерции J_{zM} , M_{zM} – изгибающий момент при наименьших значениях констант кривой упрочнения и наибольших размерах сечения, дающих максимальный момент инерции $J_{z\sigma}$.

Величина изменения смещения δ_{CM} может быть определена аналогично рассмотренной ранее схеме (рис. 2) и для других технологических операций.

В настоящее время величины смещений не рассчитываются вследствие отсутствия методики определения горизонтальных сил для выполняемых операций. Размеры направляющих узлов стандартизированы, и их количество и размеры задаются конструктором (без расчетов) равномерно распределенным по периметру штампа.

На основании представленных данных можно предположить, что количество, расположение и размеры направляющих узлов должны рассчитываться непосредственно для каждого проектируемого штампа, а применяемая методика (в условиях любого производства данного профиля) может приводить к перерасходу штамповых сталей и необоснованному укрупнению габаритных размеров штампов.

Выводы

Величина зазора между матрицей и пуансоном для разделительных операций сравнима со значением зазора в направляющих узлах штампа, хотя и меньше его.

Следовательно, наличие перекосов будет влиять на зазор и неравномерно изменять его по контуру разделения, что скажется на качестве и точности детали. Возникающая горизонтальная сила будет снижать стойкость инструмента для различных технологических операций из-за уменьшения значения допуска на изготовление детали вследствие наличия смещений. Можно предположить, что количество, расположение и размеры направляющих узлов должны рассчитываться для каждого проектируемого штампа.

Библиографический список

1. **Кузнецов, С.В.** Теоретическое определение поперечных сил, возникающих при выполнении операций обработки металлов давлением / Вестник Ижевского государственного технического университета им. М. Т. Калашникова. 2013. №4. С. 31–34.
2. **Кузнецов, С.В.** Экспериментальное определение поперечных сил, возникающих при выполнении обработки металлов давлением / Интеллектуальные системы в производстве. Ижевск. 2013. №2. С. 66–69.
3. **Романовский, В.П.** Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – М.: Машиностроение, 1979.
4. Ковка и штамповка: справочник. В 4-х т. Т. 4. Листовая штамповка / под ред. Е.И. Семенова [и др.]. – М.: Машиностроение, 1987.

*Дата поступления
в редакцию 11.12.2014*

S.V. Kuznetsov

**INFLUENCE OF CROSS-SECTION FORCES ON QUALITY
OF THE DETAILS RECEIVED BY METHODS OF A SHEET-METAL FORMING**

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

Purpose: The question of an estimation of influence of the cross-section forces arising at execution of processes of a sheet-metal forming, on exactitude and quality of details is considered. The technique of definition of offset of working parts of a die under the influence of cross-section forces is presented.

Design/ methodology/ approach: For an estimation of influence of cross-section forces offset of a male mould concerning a die which diminished magnitude of the tolerance by deterioration at invariable other values of tolerances for an existing die was.

Findings: Amount of clearance between a die and a male mould for separating processes is comparable with a value of a clearance to guiding nodes of a die though and it is less than it. Hence, presence of distortions will influence a clearance and nonuniformly to change it on a separation head loop that will affect quality and exactitude of a detail. Arising cross-section force will reduce firmness of the instrument for various operations because of reduction of a value of the tolerance by manufacture of a detail owing to presence of offsets.

Research limitation/ implications: The introduced method allows to raise quality of the details received by methods of a sheet-metal forming, at the expense of the account of influence of cross-section forces on the instrument and the process equipment.

Originality/ value: The applied technique in the conditions of any manufacture of the given profile can lead to improvement in quality of details, saving of tool steels, heightening of firmness of the instrument.

Key words: a metal forming, a sheet-metal forming, cross-section forces, exactitude, quality of details.