

4. Орро, П. И. Производство стальных тонкостенных бесшовных труб / П. И. Орро, Я. Е. Осада. – М.: Metallurgizdat, 1951. – 296 с.

5. Логачев, М. В. Технология получения трубок малого диаметра из ленты. / М. В. Логачев, Л. А. Исаевич, В. С. Карпицкий; под общей ред. Б. М. Хрусталева, В. Л. Соломахо // Наука – образованию, производству, экономике: сб. научн. тр. межд. научн. техн. конф. – М.: Технопринт, 2003. – Т. 1. – С.60 – 62.

УДК 621.73.073

В.С. КАРПИЦКИЙ, канд. техн. наук,
Ю.В. КАРПИЦКИЙ, канд. техн. наук (БНТУ)

БЕЗОБЛОЙНАЯ ШТАМПОВКА ПОКОВОК СЛОЖНОЙ ФОРМЫ В ШТАМПАХ СПЕЦИАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Разработка и внедрение в производство процессов безоблойной штамповки поковок в штампах специальной конструкции позволяет значительно уменьшить припуски и напуски, максимально приблизить форму и размеры поковок к форме и размерам готовых изделий, избежать отходов металла на облой и сократить расход металлопроката в зависимости от сложности конфигурации деталей от 5 до 35 % и более. При этом используется кузнечно-штамповочное оборудование меньшей мощности и тем самым снижается себестоимость изготовления поковок на 10–15 %.

В распространенном в настоящее время процессе штамповки в открытых штампах в заготовке предусматривается некоторый избыток металла, который, образуя облой, обеспечивает хорошее заполнение полости штампа. В зависимости от конструктивных особенностей деталей и технологического процесса штамповки отходы в облой составляют от 5 до 50 % и более от массы заготовки. Так, например, отходы металла в облой при штамповке крестовины дифференциала автомобиля МАЗ составляют около 35 % от массы заготовки или примерно около 1 кг металла на деталь.

При безоблойной штамповке поковок этого избытка металла не требуется, так как заполнение формы поковки осуществляется в закрытой полости штампа. Для получения точной поковки в закрытом штампе масса заготовки должна точно соответствовать массе поковки. В процессе штамповки штамп изнашивается, и масса поковки увеличивается. Соответственно должна увеличиваться и масса заготовки. В реальных условиях массового производства получение заготовок, равных по массе или объему с поковкой, а также корректировка массы заготовки в процессе штамповки в связи с износом штамповой оснастки, представляет довольно сложную техническую и организационную задачу. Это связано со значительными колебаниями диаметра проката и несовершенством оборудования для раскроя прутков на заготовки. Безоблойная штамповка поковок осуществляется и на новых видах оборудования, разработанных зарубежными фирмами (типа «Хатебур» и «Вагнер»), где штамповка происходит из мерной заготовки, а обрезка последней - в этом же агрегате при температуре штамповки. К ним относятся специализированные автоматические горячештамповочные линии-автоматы (ГША), в которых предусматривается точная регулировка величины заготовки в любой момент штамповки.

Ввиду сложности конструктивного исполнения и высокой стоимости применение данного оборудования экономически целесообразно в условиях массового производства поковок несложной формы. В условиях же реального производства, характеризующегося большой номенклатурой поковок (разнообразных по массе, габаритам и степени сложности, требующих при их изготовлении частых и длительных переналадок), а также в большинстве случаев невозможности изготовления поковок сложной формы без облоя, применение ГША довольно проблематично. В настоящий период времени в кузнечно-штамповочных цехах в основном изготовление поковок осуществляется на паровоздушных штамповочных молотах, кривошипных горячештамповочных прессах и горизонтально-ковочных машинах в открытых и закрытых штампах.

Наличие таких кузнечно-штамповочных цехов и номенклатуры поковок, которые невозможно отштамповать без облоя, вызывает необходимость поиска новых технических решений, разработки новых способов и схем безоблойной штамповки, дающих возможность использовать имеющееся универсальное кузнечно-

штамповочное оборудование (в большей степени кривошипные горячештамповочные прессы).

В ряде работ, например [1-3], рассмотрены различные технологические схемы и конструкции штамповой оснастки для малоотходной штамповки поковок на кривошипных горячештамповочных прессах из заготовки обычной точности с размещением избыточного металла от неточности резки заготовок в компенсационных полостях открытого и закрытого типа. Недостаток некоторых схем безоблойной штамповки заключается в том, что в процессе заполнения металлом фигуры штампа происходит и частичное заполнение компенсационной полости, что вызывает повышенный расход металла. В других схемах очень сложна конструкция штампов, что влечет за собой усложнение штамповой оснастки. Практически во всех конструкциях штампов имеются механизмы сжатия полуматриц, предусматривающие использование буферных устройств пружинного, пневмогидравлического или гидравлического типа. Все это создает дополнительные трудности при изготовлении штамповых пакетов специальной конструкции.

В данной работе рассматривается разработанный вариант технологической оснастки, обеспечивающий возможность изготовления поковок сложной формы с отростками типа крестовин, тройников и т.д. повышенной точности размеров и без облоя. Схема штампа для безоблойной штамповки представлена на рисунке 1.

Штамп состоит из нижней 1 и верхней 6 плит, соединенных колонками 13 и втулками 12 и 14, запрессованными соответственно в нижнюю и верхнюю плиты и подвижную плиту-обойму 4. К верхней плите при помощи специальных болтов 15 и 11 прикреплены центральная клиновидная призма 9 и подвижная плита-обойма 4, которая имеет двусторонние клиновые вставки 5, поверхности которых находятся в контакте с промежуточными клиновыми призмами 8, перемещающимися по поверхности верхней плиты, центральная клиновидная призма 9, на которой установлены штамподержатель 10 и верхняя полуматрица 22, может перемещаться вертикально и взаимодействовать с промежуточными клиновыми призмами. На нижней плите 1 находятся клиновые ползушки 2 с планками износа 3, перемещающиеся по нижней плите в направляющих планках, штамподержатель с нижней полуматрицей и выталкиватель 19 с

компенсационным устройством 20 в виде набора тарельчатых пружин, а также ограничителя 17 обратного хода ползушек 2.

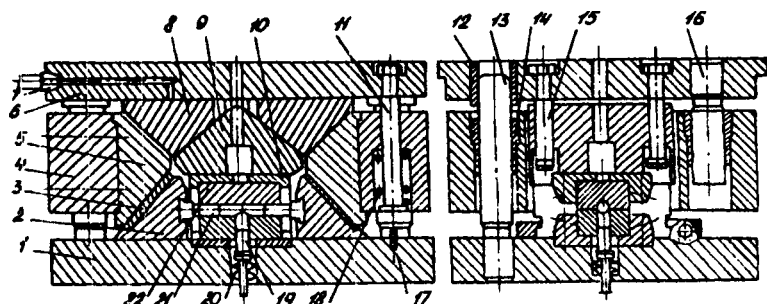


Рисунок 1 – Схема штампа для безоблойной штамповки поковок сложной формы

В клиновые ползушки в специальный Т-образный паз установлены деформирующие пуансоны 21. Для более жесткого направления подвижная обойма 4 соединена с верхней плитой дополнительными колонками 16. Смазка движущихся деталей штампа осуществляется от системы централизованной смазки прессы через маслоподводящую систему 7. Работа штампа осуществляется следующим образом. В исходном верхнем положении ползуна прессы подвижная обойма 4 прижата поддерживающими пружинами 18 к верхней плите, а центральная клиновидная призма 9 под действием перемещающихся к центру промежуточных клиновидных призм 8 смещена вниз. Ползушки с закрепленными в них деформирующими пуансонами под действием пружин раздвинуты до упора 17. Нагретая заготовка укладывается в полость нижней полуматрицы между пуансонами, при ходе ползуна вниз верхняя полуматрица вначале соприкасается с нижней и останавливается, образуя таким образом закрытый ручей, а затем клиновидные поверхности вставок 5, соприкасаясь с клиновидными поверхностями ползушек 2, заставляют их двигаться навстречу друг другу. При дальнейшем движении ползуна вниз промежуточные клиновидные призмы 8, наталкиваясь скошенными поверхностями на остановившуюся центральную призму, начинают перемещаться в стороны от центра, задавая подвижной обойме дополнительное движение вниз, которое передается ползушкам с пуансонами. Последние деформируют уложенную в ручей заготовку,

которая заполняет полость ручья штампа. После штамповки верхняя плита с подвижной обоймой поднимается, ползушки под действием пружин возвращаются в исходное положение, а поковка извлекается из ручья нижней полуматрицы выталкивателем, работающим от пневмо- или гидроцилиндра, установленного под столом пресса.

К конструктивным особенностям штампа относятся:

- усилие сжатия полуматриц пропорционально усилию штамповки и зависит от величины углов клиновых призм (схема с обратной связью) и коэффициента контактного трения в клиновых парах;
- углы клиновых призм и усилие сжатия зависят от соотношения площадей давления (площади деформирующего пуансона) и поковки в плоскости разреза;
- при колебаниях объема заготовки в пределах 3-5% избыток металла может размещаться в компенсаторе, а при его отсутствии идет на увеличение размеров поковки в пределах положительного допуска и компенсируется упругой деформацией штампа;
- при значительном превышении заданного объема заготовки полуматрицы автоматически раскрываются, если усилия разжима полуматриц больше усилий сжатия.

Для расчета усилий и их взаимосвязи обозначим элементы штампа, как показано на рисунке 2. Рассматривая каждый элемент в равновесии с учетом приложенных сил, получены зависимости расчетных усилий, действующих в элементах штампа.

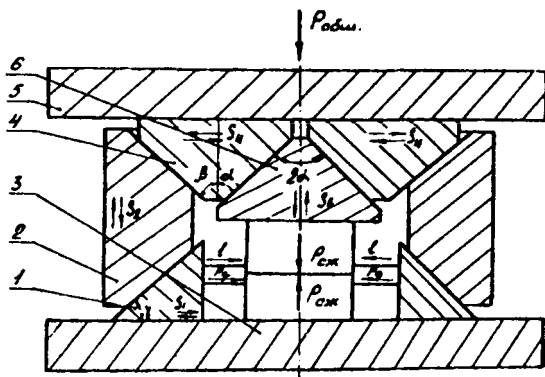


Рисунок 2 – Схема взаимодействия сопрягаемых элементов штампа

Усилия, действующие на элементы штампа, определяются выражениями:

– общее усилие штамповки

$$P_{\text{общ}} = 2P_q \frac{\cos \rho_{3,1} \cdot \cos \rho_{5,4} \cos(\gamma - \rho_{1,2}) \sin(\alpha + \beta + \rho_{6,4} - \rho_{2,4})}{\sin(\gamma - \rho_{1,2} - \rho_{3,1}) \sin(\beta - \rho_{2,4}) \cos(\alpha + \rho_{6,4} + \rho_{5,4})}, \quad (1)$$

где P_q – усилие, действующее на деформирующем пуансоне; $\rho_{3,1}, \rho_{5,4}, \dots$ – угол трения между сопрягаемыми поверхностями соответственно элементов 3 и 1, 5 и 4, и т.д., при этом $\rho = \arctg f$ (где f – коэффициент трения); α, β, γ – соответственно углы клиновых ползушек и призмы, обозначенных на схеме (рис.2);

– усилие сжатия полуматрицы

$$P_{\text{сж}} = 2P_q \frac{\cos \rho_{3,1} \cdot \cos(\gamma - \rho_{1,2}) \cos(\beta - \rho_{2,4} - \rho_{5,4}) \sin(\alpha + \rho_{6,4})}{\sin(\gamma - \rho_{1,2} - \rho_{3,1}) \sin(\beta - \rho_{2,4}) \cos(\alpha + \rho_{6,4} + \rho_{5,4})}; \quad (2)$$

– усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности клиновой ползушки и нижней плиты

$$P_{3,1} = P_q \frac{\cos(\gamma - \rho_{1,2}) \cos \rho_{3,1}}{\sin(\gamma - \rho_{1,2} - \rho_{3,1})}; \quad (3)$$

– усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности между клиновой ползушкой и обоймой

$$P_{2,1} = P_q \frac{\cos \rho_{3,1} \cdot \cos \rho_{1,2}}{\sin(\gamma - \rho_{1,2} - \rho_{1,3})}; \quad (4)$$

– усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности между обоймой и промежуточной клиновой призмой

$$P_{4,2} = P_q \frac{\cos \rho_{3,1} \cdot \cos(\gamma - \rho_{1,2}) \cos \rho_{2,4}}{\sin(\gamma - \rho_{1,2} - \rho_{3,1}) \sin(\beta - \rho_{2,4})}; \quad (5)$$

– усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности между промежуточной и центральной призмами

$$P_{6,4} = P_q \frac{\cos(\beta - \rho_{2,4} - \rho_{5,4}) \cos \rho_{6,4} \cdot \cos \rho_{3,1} \cos(\gamma - \rho_{1,2})}{\cos(\alpha + \rho_{6,4} - \rho_{5,4}) \sin(\gamma - \rho_{1,2} - \rho_{3,1}) \sin(\beta - \rho_{2,4})}; \quad (6)$$

– усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности между промежуточной клиновидной призмой и верхней плитой штампа

$$P_{5,4} = \frac{P_{\text{общ}}}{2}; \quad (7)$$

– усилие, действующее на растяжение обоймы

$$P_{\text{р.об.}} = P_q \frac{\cos \rho_{3,1} (\sin(\gamma - \rho_{1,2}) \sin(\beta - \rho_{2,4}) + \cos(\gamma - \rho_{1,2}))}{\sin(\gamma - \rho_{1,2} - \rho_{3,1}) \sin(\beta - \rho_{2,4})}. \quad (8)$$

Подобрав материалы трущихся пар таким образом, что все коэффициенты трения будут равны, т.е.

$$\rho_{1,2} = \rho_{2,4} = \rho_{3,1} = \rho_{5,4} = \rho_{6,4} = \rho,$$

можно значительно упростить полученные выражения.

Если допустить, что $\rho = 0$, то соотношение усилия сжатия к усилию на деформирующем пуансоне выразится соотношением тангенсов углов призм

$$\frac{P_{\text{сж}}}{P_q} = 2 \frac{\text{tg} \alpha}{\text{tg} \beta \cdot \text{tg} \gamma}, \quad (9)$$

что является как бы передаточным отношением клиновой системы штампа.

Анализ полученных выражений показывает, что на величину усилия сжатия полуматриц оказывает существенное влияние величина углов клиновых призм и коэффициента трения на контактных поверхностях клиновых пар.

Штамп будет работать нормально, т.е. полуматрицы при штамповке не будут раскрываться, если для соответствующей конфигурации поковки будет подобрано соотношение усилия сжатия полуматриц и усилия деформирования, которое будет зависеть от отношения площади деформирования (т.е. площади деформирующего пуансона) и площади поковки в плоскости разъема.

Для инженерных расчетов можно принять, что отношение удельных усилий, раскрывающих полуматрицы, и усилий на деформирующем пуансоне составляет 0,6-0,8.

Определив площади и усилия, действующие на раскрытие полуматриц, можно выбрать соответствующие углы клиновых призм, а затем и определить общее усилие штамповки, необходимое для выбора кузнечно-штамповочного оборудования.

Литература

1. Шило, Э. М. Опыт внедрения малоотходных технологических процессов в кузнечном производстве ПО ЗИЛ / Э. М. Шило // Кузнечно штамповочное производство. – 1986. – №10. – С. 11–12.
2. Смуров, А. М. Внедрение малоотходной штамповки поковок сложной формы / А. М. Смуров, М. К. Васильев // Прогрессивные технологические процессы, средства автоматизации объемной и листовой штамповки. – М.: МДНТП, 1986. – С. 23–27.
3. Иосифов, В. Н. Безоблойная штамповка поковок / В. Н. Иосифов, П. М. Гавриленко, И. Н. Терейей. – Минск: Беларусь, 1979. – 37 с.