

2. Технологические режимы процесса (давление, деформации, длительность) и прогнозируемое разрушение при формообразовании устанавливаются на основе методов механики деформируемого тела.

Литература

1. «Изотермическая пневмоформовка анизотропных высокопрочных материалов», Яковлев С.С., изд. М. «Машиностроение», 2009. 352 с.
2. «Механика горячего формоизменения металлов», Романов К.Н., М. «Машиностроение» 1993. 240 с.
3. «Теория обработки металлов давлением», Сторожев М.В., Попов Е.А., М. «Машиностроение» 1977, 423 с.
4. Соболев Я.А., Филиппов Ю.К., Рагулин А.В., Молодов А.В. Исследование различных типов смазки при холодном обратном выдавливании / Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2012. №2. С.166-170.
5. Типалин С.А., Сапрыкин Б.Ю., Шпунькин Н.Ф. Краткий обзор многослойных листовых деформируемых материалов используемых для защиты от шума / Известия МГТУ «МАМИ» 2012. №2. С.194-199
6. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А. Исследование свойств многослойных листовых материалов / Заготовительные производства в машиностроении 2013 №1 С.28-31
7. Феофанова А.Е. Напряженное состояние листовых заготовок при совмещении формовки элементов с их одноосным растяжением / Вестник машиностроения. 2002. №5. С.67.
8. Калпин Ю.Г., Петров П.А., Бойко Н.А. Совершенствование математической модели сопротивления горячей деформации / Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2007. №12. С. 37-42.
9. Гринберг И.В., Петров П.А., Гневашев Д.А., Воронков В.И. Физическое и конечно-элементное моделирование процесса изготовления тонкостенных оболочек в штампе для выдавливания / Технология легких сплавов. 2010. №2. С.101-106.
10. Ларин С.Н., Соболев Я.А. Двухосное растяжение анизотропной листовой заготовки в режиме кратковременной ползучести / Известия Тульского Государственного университета. Технические науки. 2011. № 5-3. С.151-160.
11. Чудин В.Н., Ларин С.Н., Яковлев С.С., Соболев Я.А. Оборудование для изотермической пневмоформовки высокопрочных материалов в режиме кратковременной ползучести / Известия Тульского Государственного университета. Технические науки. 2010. № 3. С.46-50.

Расширение технологических возможностей и преимуществ предварительного профилирования выпуклыми вставками в процессе горячей объёмной штамповки поковок пластин

к.т.н. доц. Кухарь В.В., Николенко Р.С., Суглобов Р.В.
ГВУЗ «ПГТУ», Украина

Аннотация. В представленной работе выполнены сравнительные исследования на основе моделирования технологических процессов штамповки детали типа «плита подвижная» по базовой заводской технологии, используемой на ЗАО «Азовэлектросталь» (г. Мариуполь, Украина), и новой, предложенной по результатам предварительно проведённых исследований и разработанных рекомендаций.

Ключевые слова: поковка, пластина, профилирование, объёмная штамповка, моделирование, выпуклые плиты.

В настоящее время в отечественной промышленности большое внимание уделяется модернизации старых и разработке новых технологических процессов с внедрением энергоэкономичных и металлосберегающих технологий. Не исключением является и отрасль кузнечно-штамповочного производства, обладающая огромным потенциалом для реализации прин-

ципов повышения качества и конкурентоспособности производимой продукции. Перспективным направлением является также малозатратная, но высокоэффективная модернизация используемого оборудования и инструмента.

Максимальное приближение формы заготовки к форме готового изделия, т.е. предварительное профилирование, позволяет значительно сократить потери материала в облой, снизить затраты на последующую механическую обработку, а также повысить стойкость штампового инструмента. Наиболее актуальными вопросы профилирования заготовок остаются для процессов горячей объёмной штамповки, в которых штампы, подвергаясь интенсивному ударно-абразивному износу, воздействию высоких температур и давлений, работают в весьма неблагоприятных условиях [1]. Исследование процесса предварительного профилирования перед последующей штамповкой проведены авторами в [2–4], в работах исследовано влияние формы деформируемого инструмента на напряжённо-деформированное состояние (НДС) и приведены значения макропоказателей формоизменения.

Наиболее распространёнными штампованными поковками являются такие, которые, в общем случае, относят к круглым или вытянутым в плане. Согласно ряду классификаций [5–8], на кривошипных прессах, в том числе в штампах с разъемными матрицами, штампуют также поковки с отрезками, фланцами, развилинами, с изогнутой осью и др. При этом поковки типа пластин зачастую не находят своей классификационной принадлежности, считаются малотехнологичными для условий штамповки на КГШП. Не упомянуты поковки типа пластин и пластин с отрезками и в широкоизвестной классификации Е.И. Семенова [9], на основе которой проводят назначение переходов штамповки на КГШП.

Целью работы является исследование расширения технологических возможностей и оценка преимуществ предварительного профилирования заготовок выпуклыми вставками в процессах горячей объёмной штамповки поволоков пластин.

Поковку «Пластина подвижная» (рисунок 1), являющуюся составной частью поглощающего аппарата типа Т2 для сцепки железнодорожных вагонов и цистерн, штампуют в условиях ЗАО «Азовэлектросталь» (г. Мариуполь) на кривошипном горячештампочном прессе (КГШП) номинальной силой 40 МН.

Базовая технология (рисунок 2, а) производства поковки «Пластина» (Материал – сталь 38ХС ГОСТ 4543-71, масса поковки без облоя – 3,77 кг) включает отрезку от прутка цилиндрической заготовки с размерами $\varnothing 90 \times 110$ мм (масса 5,49 кг), её индукционный нагрев до 1100°C , вертикальную установку и осадку плоскими плитами на 10 % для сбива окалины, предварительную и окончательную штамповку в открытых ручьях с последующей обрезкой облоя в горячем состоянии на обрезном кривошипном прессе усилием 4,0 МН. Подача поковки с облоем от КГШП к обрезному прессу производится транспортером.

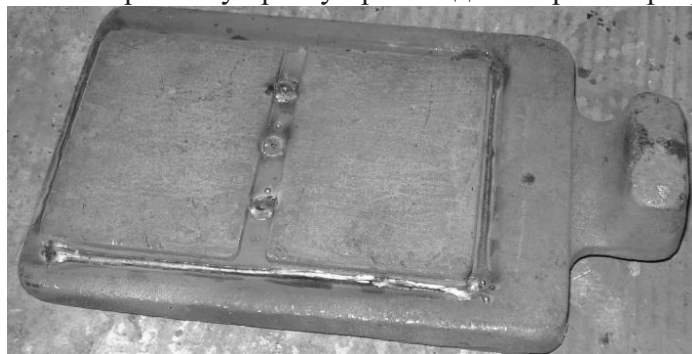


Рисунок 1. Поковка «пластина подвижная»

Технологический процесс сопровождался нестабильными окончательными размерами поковки в области отрезка из-за недоштамповки до требуемых размеров. Это объясняется тем, что низкие поковки типа «пластина» с тонким полотном требуют больших удельных усилий (давлений) на гравюре для полного окончательного оформления размеров изделия, а отсутствие промежуточного приближения формы заготовки к конфигурации поковки приводит к неблагоприятному распределению давлений по её площади проекции. Большие степе-

ни обжатия и быстрое охлаждение полотна плоской поковки на штампе приводит к значительному росту сопротивления деформированию металла, что увеличивает долю упругой деформации станины прессы и приводит к недоштамповке и завышенной толщине облоя.

Для локализации давлений в области оформления отрезка, снижения упругой деформации станины прессы, улучшения заполнения гравюры штампа предложено выполнять вместо операции осадки заготовки плоскими плитами операцию осадки выпуклыми продолговатыми (радиусными) плитами с обеспечением эксцентриситета оси выпуклости плит к вертикальной оси заготовки. Подобное профилирование заготовки позволяет произвести вытяжку полуфабриката в направлении максимального габаритного размера, обеспечить распределение объёмов металла между областями формирования отрезка и удлинение полотна поковки.

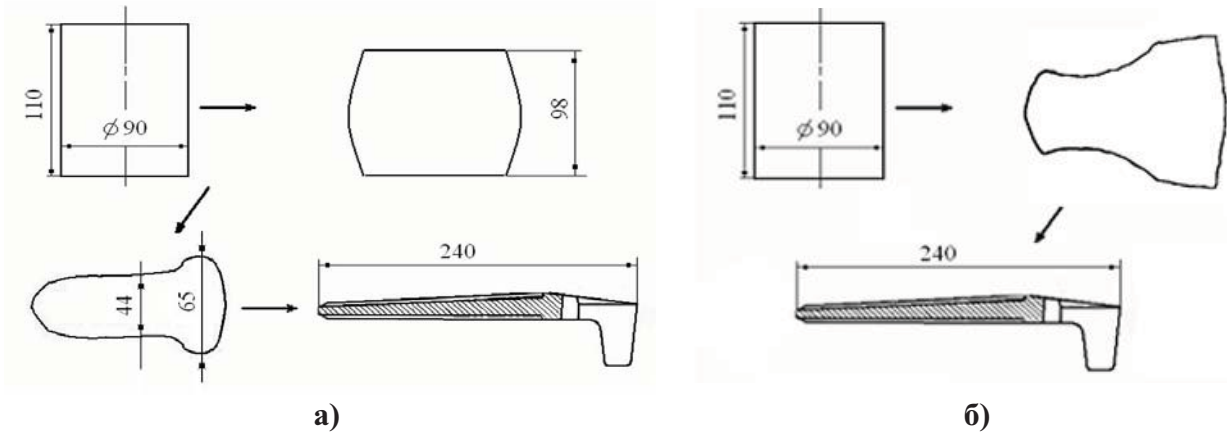


Рисунок 2. Эскизы переходов штамповки поковки «Пластина подвижная»:
а – заводская технология; б – новая технология;

Для проверки и подтверждения результатов было выполнено конечно-элементное моделирование процесса штамповки детали типа «пластина».

Моделирование проводили в программном пакете Deform 3D. Предварительно перед моделированием была создана твердотельная модель цилиндрической заготовки с высотой $H_0 = 97$ мм и диаметром $D_0 = 88$ мм (рисунок 2) и осажена до относительных степеней обжатия $\varepsilon_h = (\Delta h / H_0) \times 100\% = 70\%$ (рисунок 3), где $\Delta h = (H_0 - H) = 70$ мм. - величина хода инструмента (абсолютное обжатие), мм. Значение эксцентриситета при осадке, т.е. несовпадение оси заготовки и вертикальной оси осадочных плит, принимали $e = 12,5$ мм. Материал заготовки – сталь 45, при этом модель упрочнения, так же как и граничные условия, брали в соответствии с условиями, предложенными программой. Температурные условия принимали изотермическими, температура деформации 1100 °С. Заданное количество конечных элементов составляло 50000 шт. Коэффициент контактного трения при деформации, согласно рекомендациям источника [10], принимали $f = 0,3$.

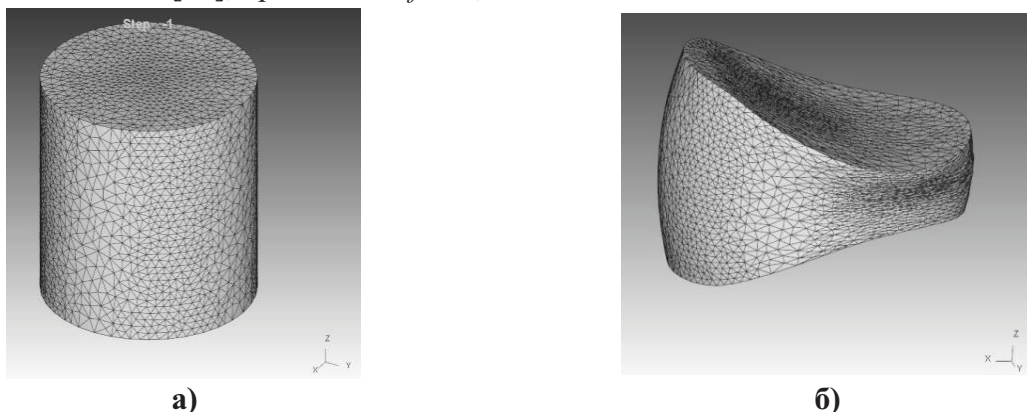


Рисунок 3. Исходная заготовка с сеткой конечных элементов (а) и модель профилированного полуфабриката (б)

Модели инструмента были построены в программном пакете КОМПАС – 3D.

Особое внимание при моделировании уделяли участку образования отростка в поковке. Для изучения характера поведения металла в зоне отростка были выделены 5 точек (рисунок 4), по которым построены графики зависимости интенсивности деформаций (рисунок 5) и графики зависимости интенсивности напряжений (рисунок 6) от относительного перемещения.

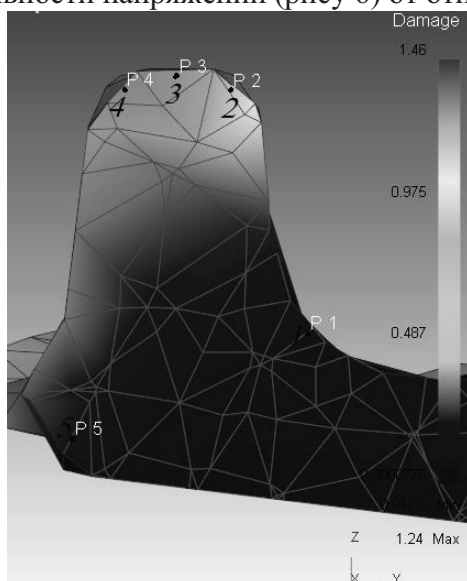


Рисунок 4. Схема исследуемых точек в зоне отростка

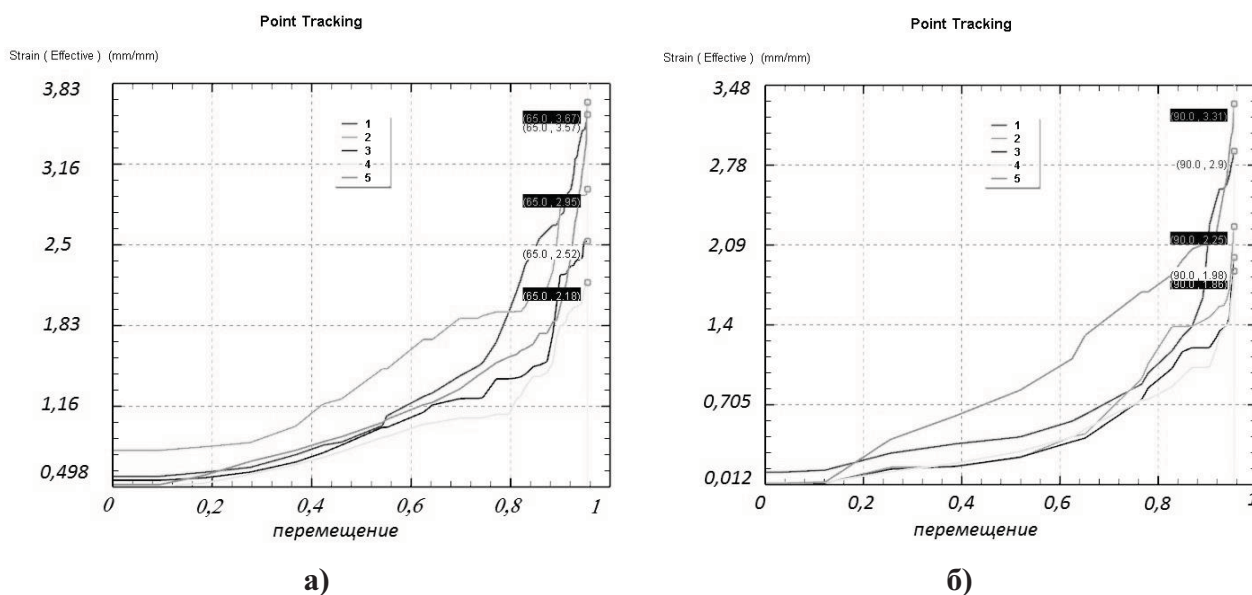


Рисунок 5. Интенсивность деформаций в заданных точках: а – заводская технология; б – новая технология

Анализ графиков показал, что применение новой технологии при производстве поковок типа «пластина» позволило сократить интенсивность напряжений в зоне формирования отростка на 10 %, а интенсивность деформации на 30 %. Новая технология характеризуется формированием неравномерности деформаций (рисунок 5, б) в профилированной заготовке, что является полезным с точки зрения заполнения окончательного штамповочного ручья. Из графиков распределения интенсивностей напряжения в заданных точках (рисунок 6) хорошо прослеживается резкое возрастание интенсивности напряжений при заводской технологии (рисунок 6, а), в зоне формирования отростка на начальных стадиях, что может привести к появлению нежелательных дефектов и остаточных напряжений.

Предложенная технология также направлена на повышение стойкости штампа и контролируемости самого процесса штамповки.

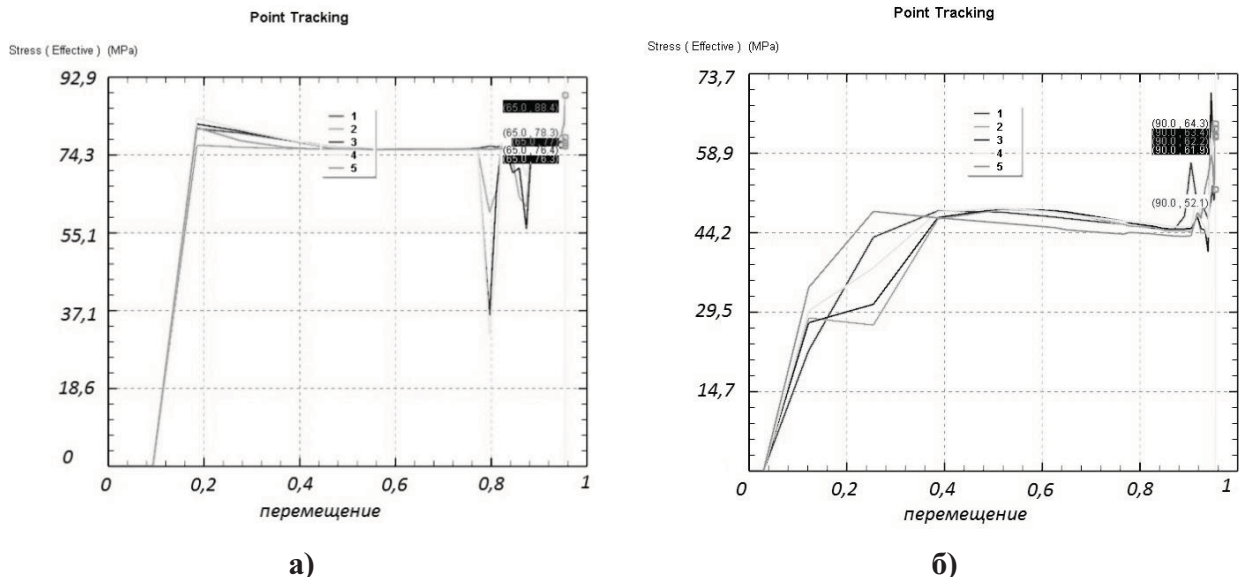


Рисунок 6. Интенсивность напряжений в заданных точках: а – заводская технология; б – новая технология

По результатам моделирования построены графики зависимости силы штамповки от перемещения (рисунок 7), которые показывают уменьшение требуемой силы для штамповки детали типа «пластина подвижная» по новой технологии почти в 2 раза.

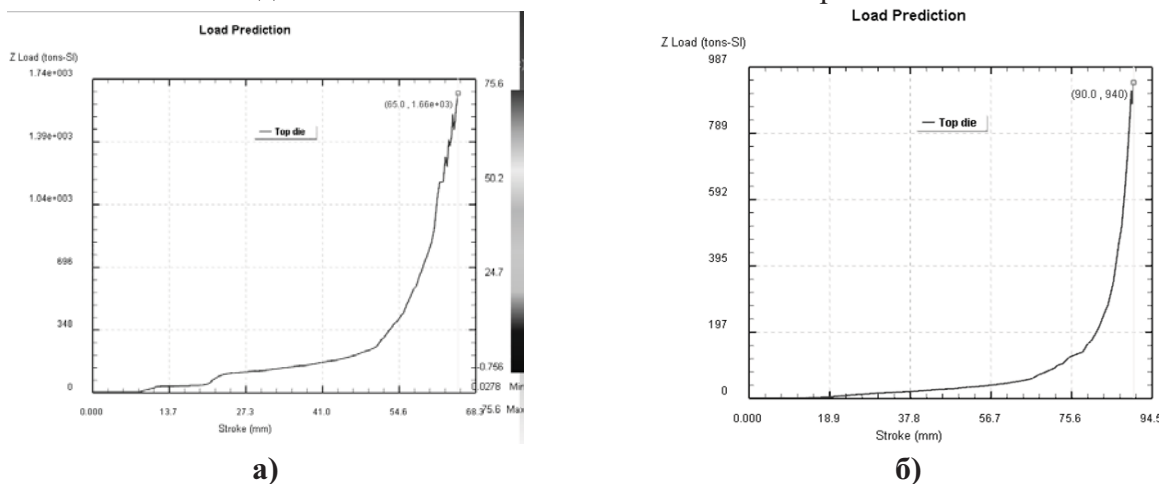


Рисунок 7. График распределения силы необходимой для штамповки: а – заводская технология; б – новая технология

Выводы

Внедрение предварительного профилирования перед операцией штамповки приводит к снижению интенсивности напряжений в гравюре окончательного ручья до 15 % и позволит сократить отходы металла с облоем до 20 %, а также позволяет снизить силу, необходимую для штамповки почти в 2 раза.

Литература

- Ипатов М. И. Рентабельность машиностроительной продукции при изменении объема продаж / М. И. Ипатов // Вестник машиностроения. – 1993. – № 2. – С. 59–61.
- Кухарь В. В. Исследование напряженно-деформированного состояния заготовок при профилировании выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки / В. В. Кухарь, Р. С. Николенко // Проблемы трибологии (Problems of Tribology). – 2012. – № 3. – С. 132–136.
- Кухарь В. В. Исследование формоизменение заготовок при профилировании выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки / В. В. Кухарь, Б. С. Каргин, Р. С. Николенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – № 46. – С. 71–76.

4. Кухарь В. В. Анализ процесса осадки заготовок коническими плитами методом смещённых объёмов / В. В. Кухарь, Р. В. Суглобов, Б. С. Каргин, Р. С. Николенко // Захист металургійних машин від поломок: Зб. Наук. Пр. – Маріуполь, 2012. № 14. – С. 63–66.
5. Акаро И. Л. Классификация поковок и технологических переходов горячей штамповки / И. Л. Акаро // Кузнечно–штамповочное пр–во. – 1980. – № 1. – С. 8–11.
6. Каржан В. В. Прогрессивная технология и оборудование для обработки давлением / В. В. Каржан // Кузнечно–штамповочное пр–во. – 1985. – № 8. – С. 10–13.
7. Овчинников А.Г. Штамповка выдавливанием поковок с боковыми отростками и фланцами / А. Г. Овчинников, О. Ф. Дрель, И. С. Поляков // Кузнечно–штамповочное пр–во. – 1979. – № 4. – С. 10–13.
8. Базык А.С. О классификации деталей, получаемых холодной объемной штамповкой / А. С. Базык, В. А. Головин // Кузнечно–штамповочное пр–во. – 1985. – № 3. – С. 12–14.
9. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. Т. 2. Горячая объемная штамповка / под ред. Е.И. Семенова. – М.: Машиностроение, 1986. – 592 с.
10. Грудев А. П. Трение и смазки при обработке металлов давлением: справочник / А. П. Грудев, Ю. В. Зильберг, В. Т. Тилик. – М.: Металлургия, 1982. – 312 с.

Проектирование инструмента для горячей вальцовки заготовок

Карпайтис Е.П., к.т.н. доц. Золотухин П.И., д.т.н. проф. Володин И.М.
ФГБОУ ВПО ЛПГУ

8 (4742) 32-82-39, kaf-md@stu.lipetsk.ru, 8 (4472) 32-81-90, zolytyhinpi@rambler.ru

Аннотация. Рассмотрена методика проектирования ручьев секторов-штампов для вальцовки заготовок в системе овальных и круглых калибров. В результате обработки опытных данных получены уравнения регрессии, позволяющие учесть пружинение валков и неравномерность уширения заготовок при проектировании ручьев.

Ключевые слова: горячая вальцовка, пружинение валков, неравномерность уширения.

При профилировании заготовок под последующую штамповку наиболее часто применяют вальцовку в системе овальных и круглых калибров за два, три или четыре прохода по схемам круг-овал-круг, круг-овал-круг-овал и круг-овал-круг-овал-круг [1].

Определение размеров ручьев секторов-штампов производится на основании чертежей переходов вальцованной заготовки. Глубину вреза ручьев следует назначать с учетом пружинения валков ΔA . Пружинение ΔA заключается в увеличении межосевого расстояния валков ковочных вальцов и, следовательно, высоты калибра. Величина пружинения зависит от конструкции вальцов и силы деформирования P .

Высота калибра должна быть меньше высоты соответствующего сечения заготовки на величину пружинения ΔA . Поэтому при проектировании инструмента глубину вреза верхнего и нижнего ручьев уменьшают на величину $\Delta A/2$ на всей длине деформируемого участка. Радиус ручьев оставляют расчетным.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что при вальцовке в овальных калибрах площадь контакта с заготовкой и, следовательно, сила деформирования больше, чем при вальцовке в круглых или квадратных калибрах. Поэтому при проектировании секторов-штампов во избежание образования бокового заусенца в следующем по ходу деформирования калибре достаточно уменьшить на величину пружинения ΔA только расчетную высоту овального калибра [2, 3].

При проектировании овального калибра следует также учитывать неравномерность уширения металла по длине деформируемого участка, так как от ширины полученной овальной заготовки зависит возможность вальцовки в последующем круглом калибре. Вблизи необжимаемых головок заготовки реализуется процесс нестационарной деформации.