

№ операции	Сила (кН)
1	308
2	374
3	1863

Выводы

Как показывают результаты моделирования, при равных показателях с экспериментальными (максимальное усилие 7 МН, степень деформации 4,75) для получения детали «клеммный болт» в условиях серийного производства описанная технология применима и может быть использована. Такие выводы вытекают из формообразования 3 перехода. Высаживая прямоугольную в плане головку, получаем деталь с заполненными металлом радиусами.

Литература

1. Калпин Ю.Г., Филиппов Ю.К., Гипп Л.Б. Высадка стержневых деталей с прямоугольной в плане головкой - Механика деформированного тела и обработка металлов давлением, 2000г
2. Холодная объемная штамповка. Справочник / Под ред. Г.А. Навроцкого, В.А.Головина, А.Ф.Нистратова. М.: ВМашиностроение, 1973. 496 с.
3. Миропольский Ю.А., Филиппов Ю.К., Павлов Н.Д. Особенности технологии холодной объемной штамповки на многопозиционных автоматах. //Машины и автоматизация кузнечно-штамповочного производства. ВЗМИ. М.; 1988. С. 159-165.
- Типалин С.А. Экспериментальное исследование процесса выдавливания технологической канавки в оцинкованной полосе / Известия МГТУ «МАМИ» 2012. Т.2 .№2. С.208-213.
5. Филиппов Ю.К., Игнатенко В.Н., Головина З.С., Рагулин А.В., Анохин А.С., Гневашев Д.А. Экспериментальное исследование течения металла при комбинированном процессе радиального и обратного выдавливания в конической матрице /Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2011. № 9. С. 33-35.
6. Петров М.А., Петров П.А., Калпин Ю.Г. Численное исследование трения при высадке с радиальным выдавливанием деталей типа «Стержень с утолщением» из алюминиевого сплава АД1. / Известия МГТУ «МАМИ» 2012. Т.1 .№1. С.200-210.
7. 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.
8. Филиппов Ю.К. Критерий оценки качества деталей, получаемых холодной объемной штамповкой. / Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 1999. № 2 . С. 3.
9. Крутина Е.В., Калпин Ю.Г. Определение пластичности металлов методом комбинированного поперечного выдавливания и высадки / Известия МГТУ «МАМИ». 2012. Т.2. №2. С.95-98.
10. Филиппов Ю.К., Молодов А.В. Моделирование процессов холодного комбинированного выдавливания полусферических деталей с фланцем / Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2012. № 5 . С.27-30.

Получение гнутых профилей с заданной продольной кривизной путем управления характеристиками пластического шарнира в очаге деформации

к.т.н. Марковцев В.А., Марковцева В.В.

ОАО «Ульяновский НИИТ», УлГТУ

(8422) 52-46-8, niat@mv.ru, valeria2505@yandex.ru

Анотация. В статье рассмотрены процессы формообразования гнутых профилей с заданной продольной кривизной. Исследованы теоретические основы формирования пластического шарнира в очаге деформации и управления его характеристиками.

Ключевые слова: профилирование, гнутые профили, широкополочные листовые детали

Гнутые профили с заданной продольной кривизной находят широкое применение в автомобилестроении (бамперы автомобилей), дорожном строительстве (ограждения), металлургии (обручи-вставки для упаковки и транспортировки рулонного тонколистового проката) и других отраслях промышленности [1, 2]. До недавнего времени такие детали изготавливали штамповкой или профилированием с последующим приданием профилю продольной кривизны в штампе. Однако такие технологии требуют значительных затрат на технологическую подготовку производства и изготовление деталей. Более выгодными являются технологии производства гнутых профилей с заданной продольной кривизной в роликах. Классификация способов изготовления таких деталей приведена на рисунке 1.

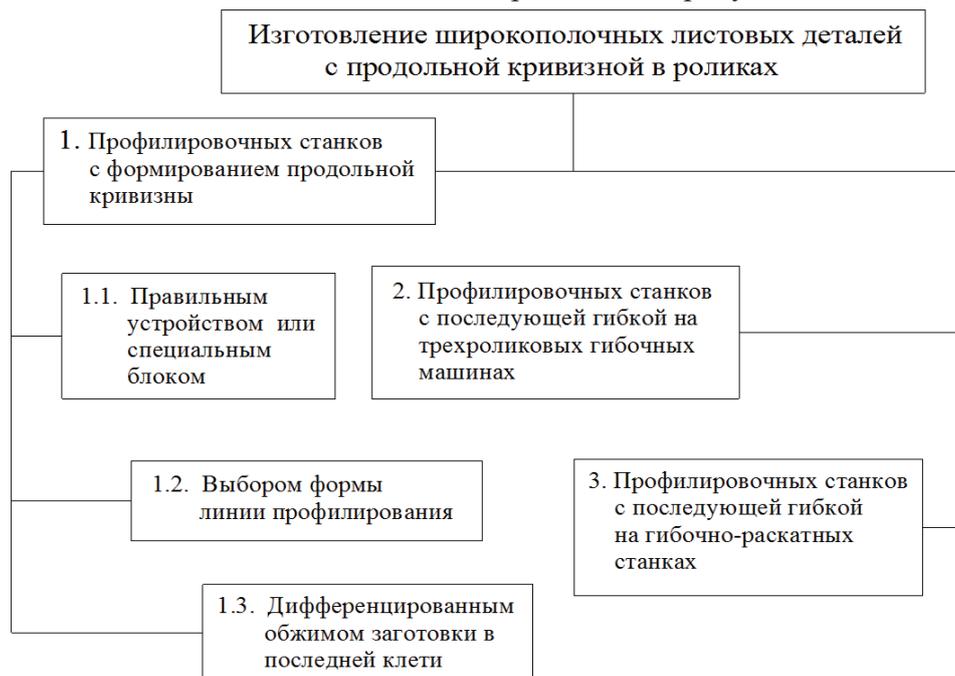


Рисунок 1. Классификатор способов изготовления в роликах широкополочных листовых деталей с продольной кривизной

Изготовление деталей в профилировочных машинах с одновременным формированием продольной кривизны (рисунок 1, блок 1) предусматривает формообразование сечения профиля при обеспечении условий направленного воздействия на очаг деформации для получения требуемой кривизны детали.

Так, приложение вращающего момента со стороны правильного устройства к профилю, выходящему из последней пары формирующих роликов станка (рисунок 1, блок 1.2), позволяет воздействовать на характеристики пластического шарнира в очаге деформации и получить требуемую кривизну детали.

В физическом плане модель процесса представляет собой поток вязкопластической жидкости, проходящей через роликовый калибр и отвердевающей при выходе из него. Достижение пластического состояния во всех точках заготовки в плоскости, проходящей через оси валков, обеспечивается выбором развертки исходной заготовки несколько больше развертки калибра, величиной зазора в калибре, наличием аксиального поджатия.

Достижение пластического состояния во всех точках калибра в плоскости, проходящей через оси валиков, обеспечивается превышением ширины развертки заготовки над шириной развертки формирующего калибра, выбором схемы деформирования (осадки волнообразной заготовки на плоских участках) и соответствующей величиной зазора.

Переход материала в пластическое состояние определяется условием текучести Мизеса:

$$T > \tau_s \quad (1)$$

где T – интенсивность касательных напряжений;

τ_s – предел текучести при сдвиге.

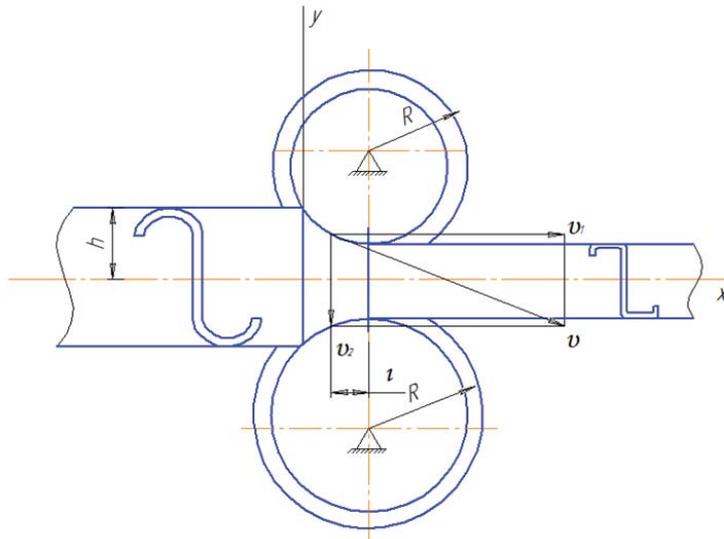


Рисунок 2. Схема осадки волнообразной заготовки в последней паре формирующих роликов при стесненном изгибе

При остановленных роликах материал в очаге деформаций рассматривается как твердое тело, а при движении, когда воздействие со стороны инструмента заставляет материал течь через калибр, – как вязкопластическая жидкость.

Интенсивность касательных напряжений выражается через девиатор S_{ij} в виде:

$$T = \left(\frac{1}{2} S_{ij} S_{ij} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

Введем функцию F , характеризующую состояние материала в очаге деформаций [3]:

$$F = 1 - \frac{\tau_s}{T}. \quad (3)$$

Функция F отрицательная, если не достигнуто пластическое состояние (скорость деформаций при этом равна нулю). При достижении в очаге деформаций пластического состояния функция F становится равной нулю и при развитых пластических деформациях остается положительной.

Предположим, что связь скоростей деформаций V_{ij} с девиатором тензора напряжений можно выразить следующим образом:

$$2\mu v_{ij} = \begin{cases} 0 \\ F S_{ij} \end{cases}; \quad (4)$$

где μ – коэффициент вязкости.

Согласно формуле (1) материал считается несжимаемым.

Возводя в квадрат и суммируя второе равенство (1), получим:

$$4\mu^2 \Gamma^2 = F^2 T^2 = (T - \tau_s)^2,$$

где Γ – интенсивность скоростей деформаций.

Откуда

$$A = \frac{T - \tau_s}{T} = \frac{2\mu\Gamma}{2\mu\Gamma + \tau_s} \quad (5)$$

Подставляя (3) во второе равенство (2), получим:

$$S_{ij} = \left(2\mu + \frac{\tau_s}{\Gamma} \right) v_{ij}. \quad (6)$$

Соотношение (6) справедливо только при отличных от нуля скоростях деформаций v_{ij} . Если же $v_{ij} = 0$, то происходит «отвердевание» материала с возможностью разрушения как твердого тела. Однако такая ситуация будет иметь место для той части заготовки, которая будет находиться за пределами станка, когда происходит разгрузка очага деформаций.

Таким образом, в результате исследований разработана математическая модель очага

деформаций при профилировании методом интенсивного деформирования. Установлены условия, при которых обеспечивается устойчивость прокатки и, как следствие, высокое качество изготавливаемых профилей.

По данной технологии, разработанной в ОАО «Ульяновский НИАТ», производят бамперы для автомобиля ВАЗ-06 (рисунок 3,а) [1] и стеклоподъемники автомобилей семейства УАЗ [2]. Выбором формы оси профилирования (рисунок 1, блок 1.2) профилю можно придать относительно небольшую кривизну на станках с нерегулируемыми по высоте нижними валами, поскольку изменение формы оси профилирования в данном случае осуществляется за счет выбора диаметров формирующих роликов. Здесь существенным ограничением является скоростной режим процесса формообразования профиля. Регулируемые нижние валы профилировочного станка предоставляют более широкие возможности обеспечения кривизны изготавливаемой детали.

Форму линии профилирования, как правило, изменяют лишь в вертикальной плоскости. В принципе, для придания профилю саблевидности можно изменять форму оси профилирования и в горизонтальной плоскости, однако весьма часто это приводит к неудовлетворительному качеству поверхности профиля и потере устойчивости его элементов. Более целесообразным является дифференцированный обжим донной части профиля по ширине его донной части. Изменением формы линии профилирования получают профиль дорожного ограждения с заданной относительно небольшой продольной кривизной (рисунок 3,б). Профиль дорожного ограждения с достаточно большой кривизной получают профилированием с последующей гибкой в трех-роликовых гибочных машинах (рисунок 2, блок 2). Широкополочные профили с продольной кривизной целесообразно изготавливать с дифференцированным (локальным) обжимом определенных участков заготовки (рисунок 2, блок 1.3).

По такому способу изготавливают бампер автомобиля ВАЗ-07 (рисунок 3,в) [2]. Что касается производства деталей с большой кривизной или кольцевых деталей (рисунок 3,г), то профили открытого сечения с высотой до 60 мм могут изготавливаться по совмещенной схеме локальным обжимом в роликах последнего перехода профилировочного станка.

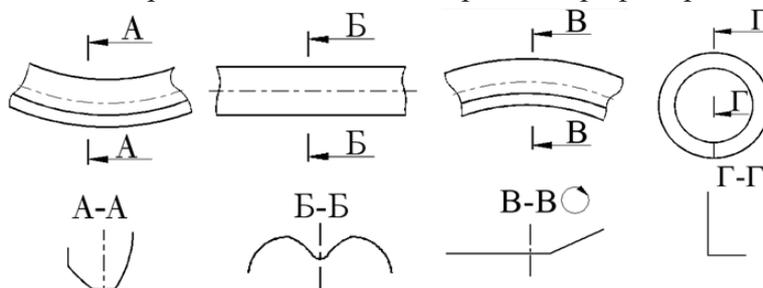


Рисунок 3. Виды изготавливаемых деталей с продольной кривизной в роликах:
а – бампер автомобиля ВАЗ-06; б – профиль дорожного ограждения; в – бампер автомобиля ВАЗ-07; г – кольцевая деталь типа «обруч упаковочный»

Крупногабаритные детали после формообразования сечения требуют дополнительной операции деформирования на гибочно-раскатном станке (рисунок 2, блок 3). Это связано, в основном, с техническими вопросами отвода профиля и его разрезки на мерные длины, а также технологическими возможностями профилировочных станков (ограничения по высоте формируемого профиля).

Литература

1. Филимонов, В.И. Автоматизированная линия изготовления автомобильных бамперов и методика ее создания. / В.А. Марковцев, В.И. Филимонов, С.В. Филимонов // Автомобильная промышленность. – 2005. – № 4. – С. 29-31.
2. Марковцев В.А. Формообразование стесненным изгибом в роликах и правка гнутых тонкостенных профилей / В.А. Марковцев, В.И. Филимонов. – Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2006. – 244 с.
3. Потеря устойчивости и выпучивание конструкций / Под ред. Дж. Томсона и Дж. Ханта. –

М.: Наука, 1991. – 424 с.

4. Работнов, Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела / Ю.Н. Работнов. – М.: Наука, 1988. – 712 с.

5. Клименко П.Л. Расчет энергосиловых параметров прокатки с применением ЭВМ / П.Л. Клименко. – Днепропетровск: Изд-во ДМУТИ, 1979. – 75 с.

Разработка технологической схемы получения токосъемных колец из бериллиевой бронзы с помощью методов листовой штамповки

д.т.н. проф. Сидельников С.Б., к.т.н. доц. Бер В.И., к.т.н. доц. Орелкина Т.А., Вагнер А.В.

СФУ, г. Красноярск

8(913) 206-37-31, sbs270359@yandex.ru

Коробкин А.Н.

ОАО «ИСС», г. Железногорск

8(3919) 76-46-43, a-korobkin@mail.ru

Аннотация: Представлены результаты исследований по получению токосъемных колец из бериллиевой бронзы с применением методов листовой штамповки и термообработки. Приведены свойства вытянутых полуфабрикатов и их структура на различных этапах предложенной технологической схемы.

Ключевые слова: токосъемные кольца, бериллиевая бронза, листовая штамповка, вытяжка, штамповая оснастка, коэффициент использования металла.

Введение

Целью работы являлось повышение эффективности и коэффициента использования металла при изготовлении токосъемных колец для нужд космического машиностроения.

Бериллиевые бронзы отличаются высоким уровнем прочностных, упругих свойств и релаксационной стойкости, они имеют высокую электро- и теплопроводность и значительное сопротивление коррозии, поэтому такие бронзы используют для изготовления изделий специального назначения, к которым относятся токосъемные кольца.

Токосъемные кольца широко применяются во многих областях промышленности. Однако требования к их изготовлению и свойствам зависят от многих факторов и определяются назначением этих деталей. Особенно они ужесточены при производстве элементов летательных аппаратов в авиа- и космическом машиностроении.

Одним из примеров таких деталей служит токосъемное кольцо наружным диаметром 10,4 – 10,8 мм и толщиной стенки 0,25 - 0,65 мм, которое в настоящее время изготавливается из сплава БрБ2 методом механической обработки. При этом к нему предъявляются повышенные требования не только по точности изготовления, но и по структуре и свойствам металла (размер зерна, твердость, устойчивость к нагреву).

Сплав БрБ2 является весьма специфичным, отличным от других медных сплавов, так как бериллиевые бронзы относятся к классу так называемых дисперсионно-упрочняемых сплавов. Особенностью таких сплавов является зависимость растворимости легирующих компонентов от температуры, что позволяет управлять свойствами бронз как при производстве проката, так и при изготовлении изделий методами листовой штамповки. По составу промышленные бериллиевые бронзы располагаются вблизи границы максимальной растворимости бериллия в твердом растворе, это соответствует примерно 2 %, что обеспечивает сплавам в упрочненном состоянии оптимальный уровень прочности и пластичности. Уменьшение растворимости бериллия в меди ниже температуры эвтектоидного превращения определяет возможность термического упрочнения БрБ2 после закалки и старения.

Закалку бериллиевых бронз с нагревом до температуры 780°С проводят для получения структуры пересыщенного бериллием α - твердого раствора. Последующее старение на температуру 315°С с выдержкой 2-3 часа придает сплаву высокую прочность и твердость, которые достигаются при выделении метастабильной упрочняющей γ' - фазы из пересыщенного