

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.

Головки оказывают сдерживающее влияние на уширение металла, в результате чего возможно незаполнение ручьев в последующем круглом калибре вблизи головок.

Влияние головок на течение металла в средней части обжимаемого участка практически не сказывается. Здесь процесс деформации является установившимся (стационарным) и овальная заготовка имеет большую ширину. Поэтому в средней части участка возможно образование бокового заусенца при вальцовке в последующем круглом или квадратном калибре [4]. Если коэффициент вытяжки более 1,3, то возможно образование бокового заусенца и в самом овальном калибре.

Образование бокового заусенца в круглом калибре особенно недопустимо при использовании вальцованных заготовок взамен полученных выдавливанием для последующей продольной (торцевой) штамповки круглых в плане поковок [5]. В этом случае вальцованная заготовка укладывается деформированной частью в штамповочный ручей, расположенный вертикально, и боковой заусенец (при его наличии) может привести к браку поковок. Таким образом, к полуфабрикату предъявляются повышенные требования по качеству. Одним из основных требований является отсутствие бокового заусенца. Учет пружинения и неравномерности уширения заготовок при проектировании калибров позволяет получать заготовки без заусенца.

Использование профилированных вальцовкой заготовок взамен полученных выдавливанием при производстве круглых поковок внедрено на кузнечном заводе ОАО «КАМАЗ-Металлургия».

Для определения рациональной конструкции овальных калибров, учитывающей различную степень уширения по длине заготовки, предложено деформируемый участок L_1 разделить на два участка длиной L_D (они примыкают к необжимаемым головкам) и средний участок длиной L_2 (рисунок 1).

Результаты экспериментов и расчетов показали, что для получения качественной вальцованной заготовки при использовании схемы деформирования круг-овал-круг необходимо уменьшить высоту овального калибра на некоторую величину H_R на участке L_2 .

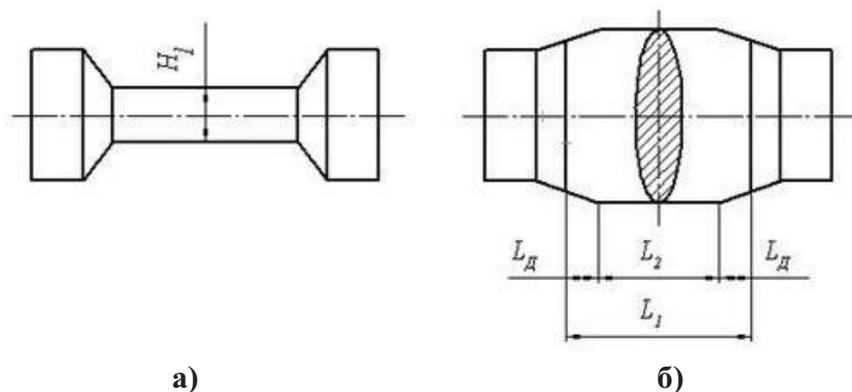


Рисунок 1. Заготовка с участками незаполнений длиной L_D после вальцовки по схеме круг-овал: а – вид сбоку, б – вид сверху

Для аппроксимации формул, позволяющих рассчитывать значения ΔA и H_R , использовали массивы данных, полученных путем анализа результатов доводки инструмента и внедрения новых технологий вальцовки заготовок на двухопорных ковочных вальцах моделей ARWS-2а, ARWS-2, ARWS-1а и ARWS-1 фирмы Eumiso. Наличие указанных эмпирических формул позволяет уточнить методику проектирования ручьев секторов-штампов.

Проведен анализ около 40 технологий вальцовки заготовок за два, три и четыре прохода по схемам круг-овал-круг, круг-овал-круг-овал, круг-овал-круг-овал-круг. В таблице 1 приведена краткая техническая характеристика ковочных вальцов и диапазоны изменения технологических параметров в исследованных технологических процессах.

Выполнены все этапы статистической обработки опытных данных: проверка массивов

на соответствие закону нормального распределения, отсев грубых погрешностей, расчет коэффициентов уравнений регрессии и проверка значимости полученных уравнений, проверка значимости коэффициентов регрессии, проверка массивов остатков на соответствие закону нормального распределения.

В результате получены уравнения регрессии для расчета пружинения ΔA в зависимости от усилия вальцовки P следующего вида [2, 3]:

$$\begin{aligned} \text{ARWS-1 и ARWS-2} & - \Delta A = a \cdot \lg(P) + b; \\ \text{ARWS-1a и ARWS-2a} & - \Delta A = a \cdot (P/1000) + b. \end{aligned}$$

Таблица 1

Краткая техническая характеристика ковочных вальцов и диапазоны изменения технологических параметров

№ п/п	Параметры	Модель вальцов			
		ARWS-1	ARWS-1a	ARWS-2	ARWS-2a
1	Номинальное межосевое расстояние, мм	370	460	560	680
2	Номинальная сила вальцовки, кН	630	920	1250	3000
3	Объем выборки	10	8	19	29
4	Диаметр исходной заготовки, мм	50...60	50...70	70...95	65...130
5	Коэффициент вытяжки	1,23... 1,45	1,24... 1,65	1,16... 1,55	1,16... 1,53
6	Отношение осей овальной заготовки	1,4... 2,3	1,2... 2,9	1,3... 2,7	1,5... 2,7
7	Пружинение ΔA , мм	0,9...2,0	1,4...1,9	1,5...2,7	1,3...3,3
8	Сила вальцовки P , кН	350... 630	330... 920	830... 920	1080... 3000

Коэффициенты регрессии a и b для каждой модели вальцов имеют свои числовые значения. Диапазон изменения коэффициентов корреляции для полученных уравнений $r = 0,76...0,82$.

Получены также уравнения регрессии для расчета параметра H_R , на величину которого следует уменьшить высоту овального калибра в средней части обжимаемого участка в первом или втором проходах с целью компенсации неравномерности уширения заготовок [4]. Эти уравнения имеют следующий вид: $H_R / H_{11} = f(D/d_0, L_K/d_0, \lambda_\Sigma)$. Здесь D – номинальное расстояние между осями валков ковочных вальцов, L_K – длина деформированного участка круглой заготовки после второго или четвертого прохода, d_0 – диаметр исходной заготовки, H_{11} – высота калибра с учетом пружинения, λ_Σ – суммарная вытяжка за два прохода (первый и второй или третий и четвертый).

Рассмотрим пример проектирования ручья сектора-штампа, выполненного с учетом уменьшения высоты овального калибра для компенсации пружинения валков и неравномерности уширения заготовки. На рисунке 2 представлена заготовка после первого прохода вальцовки по схеме круг-овал. Полное количество проходов 4: круг-овал -круг-овал-круг.

На рисунке 3 показан овальный ручей первого прохода. Поперечный разрез ручья А – А соответствует участку $L_{\bar{A}}$, а разрез Б – Б участку L_2 . Высота калибра с учетом пружинения на участке длиной $L_{\bar{A}}$: $H_{11} = 2 \cdot 18,1 + 6 = 42,2$ мм. Учетная величина пружинения $\Delta A = 3,2$ мм (это разница между высотой заготовки в сечении А – А и H_{11}).

Высота калибра на участке длиной L_2 с учетом глубины вреза (16,9 мм) и зазора между секторами (6 мм): $H_{RR} = 2 \cdot 16,9 + 6 = 39,8$ мм. Размер H_{RR} - это фактическая высота калибра в рассматриваемом поперечном сечении с учетом пружинения валков и неравномерности уширения металла. Таким образом, высота калибра на участке с установившейся деформацией дополнительно уменьшена на величину $H_R = 2,4$ мм.

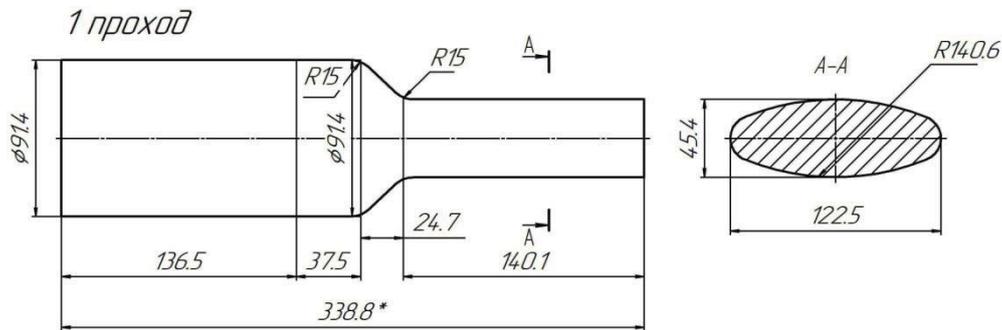


Рисунок 2. Эскиз заготовки после первого прохода вальцовки по схеме круг-овал

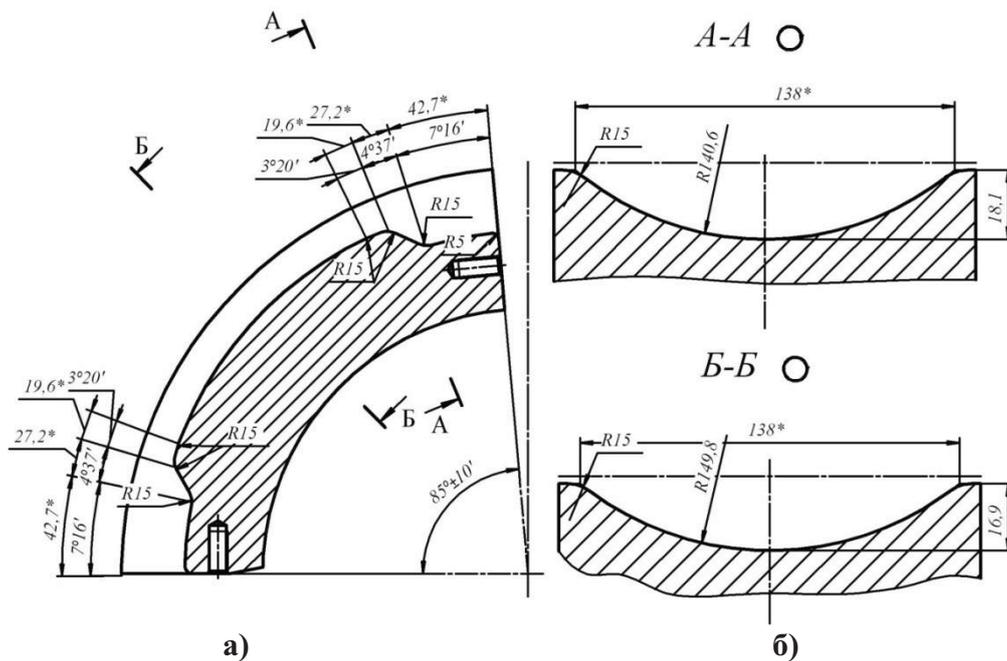


Рисунок 3. Продольный (а) и поперечные (б) разрезы овального ручья сектора-штампа

Разработанная методика проектирования ручьев секторов-штампов с учетом пружинения валков и неравномерности уширения металла по длине обжимаемого участка заготовки используется на кузнечном заводе ОАО «КАМАЗ-Металлургия».

Литература

1. Смирнов, В.К. Горячая вальцовка заготовок [Текст] / В.К. Смирнов, К.И. Литвинов, С.В. Харитонин. - М.: Машиностроение, 1980. 150 с.
2. Золотухин, П.И. Пружинение валков ковочных вальцов моделей ARWS-1 – ARWS-2a [Текст] // П.И. Золотухин, И.М. Володин, В.С. Мартюгин [и др.] / Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 6. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. С. 65 – 71.
3. Карпайтис, Е.П. Проектирование калибров с учетом пружинения валков ковочных вальцов модели ARWS-2a [Текст] // Е.П. Карпайтис / Известия ВУЗов. Черная металлургия. № 5, 2012. С. 70.
4. Золотухин, П.И. Методика проектирования калибров с учетом неравномерности уширения вальцованных заготовок [Текст] // П.И. Золотухин, И.М. Володин, В.С. Мартюгин [и др.] / Известия ВУЗов Черногоземья. Вып. 4. - Липецк: Изд-во ЛГГУ, 2012. С. 62 – 66.
5. Патент РФ 2255831. Способ изготовления поковок с отрезками [Текст] / В.С. Мартюгин, А.А. Ромашов, И.М. Володин [и др.]. - Оpubл. 2005, Бюл. № 19.