

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](mailto:kaf-md@stu.lipetsk.ru), 8 (4472) 32-81-90, [zolytyhinpi@rambler.ru](mailto: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  $\Delta A$ . Пружинение  $\Delta A$  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  $\Delta A$ . 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  $\Delta A$  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.

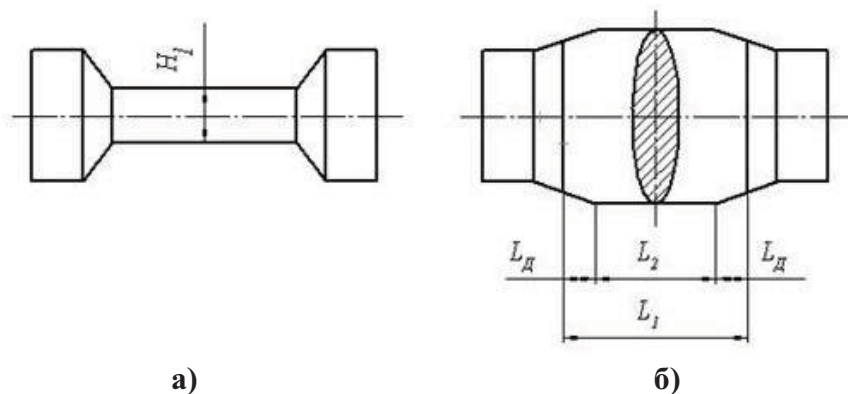
Влияние головок на течение металла в средней части обжимаемого участка практически не сказывается. Здесь процесс деформации является установившимся (стационарным) и овальная заготовка имеет большую ширину. Поэтому в средней части участка возможно образование бокового заусенца при вальцовке в последующем 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  $\Delta A$  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  $\Delta A$  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 $\Delta A$ , 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,  $\lambda_\Sigma$  – 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.

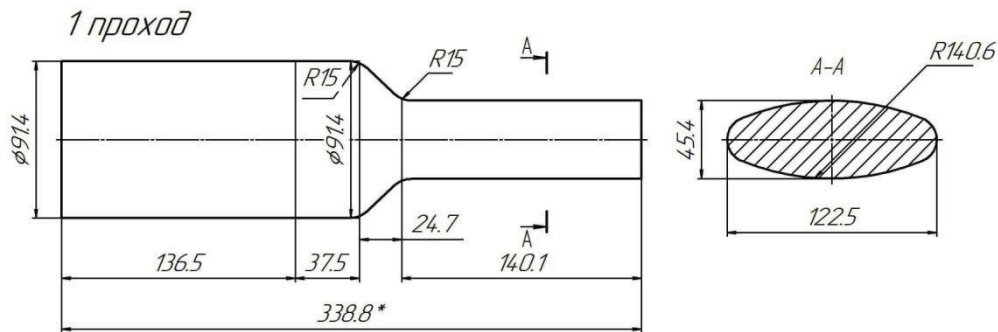


Рисунок 2. Эскиз заготовки после первого прохода вальцовки по схеме круг-овал

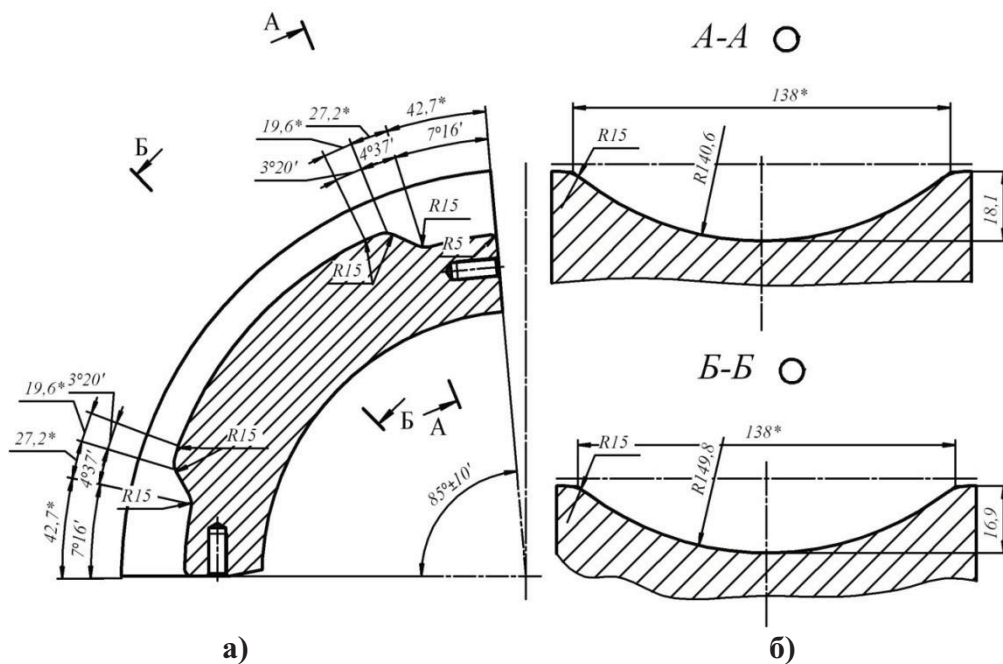


Рисунок 3. Продольный (а) и поперечные (б) разрезы овального ручья сектора-штампа

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.