

ОПЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВАЛЬЦОВКЕ КРУГЛЫХ ПОЛОС В ЯЩИЧНОМ КАЛИБРЕ С ВЫХОДОМ МЕТАЛЛА В ЗАУСЕНЕЦ

Существуют два вида вальцовки, являющиеся разновидностью продольной прокатки — заготовительная, или формовочная вальцовка без выхода металла в заусенец, и штамповочная, или окончательная вальцовка с выходом металла в заусенец. Первый вид вальцовки применяется для получения заготовок простой формы с их последующей механической обработкой либо как способ получения заготовок для последующей объемной горячей штамповки поковок сложной формы на молотах и прессах; второй вид используется взамен молотовой и прессовой штамповки как способ получения поковок различной сложности в окончательный размер для последующей механической обработки.

В настоящей работе рассматривается второй вид вальцовки, который для краткости изложения будем называть просто вальцовкой.

На простых поковках, таких как молоток, зубило, стамеска и др., имеются в сечении участки прямоугольной формы. Калибры для вальцовки этих участков выполнены в ящичной форме. Исходя из этого представляется целесообразным исследовать вальцовку полос в ящичном калибре с выходом металла в заусенец.

Изучением процесса вальцовки, в частности, опережения, занимались многие исследователи [1,2,3,4,5,6]. По данным работ [3,4,5,6] опережение растет с увеличением обхвата и ширины заусенца и уменьшается с увеличением температуры.

Другие выводы делает В.Н.Мартынов [2], согласно данным которого опережение уменьшается с ростом ширины заусенца и увеличивается с повышением температуры. Автор объясняет такое отклонение от известных в литературе положений малой длиной вальцоваемых деталей и резкими перепадами их сечений.

Данные работы [7] удовлетворительно отражают условия установившегося процесса вальцовки при относительно невысоких обхватах и малой ширине заусенца. Так, хорошее согласование опытных данных с расчетными наблюдается для случаев, когда теоретический

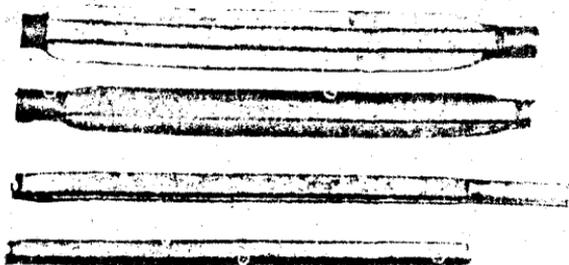


Рис.1. Полосы, вальцованные в ядичном калибре с заусенцем

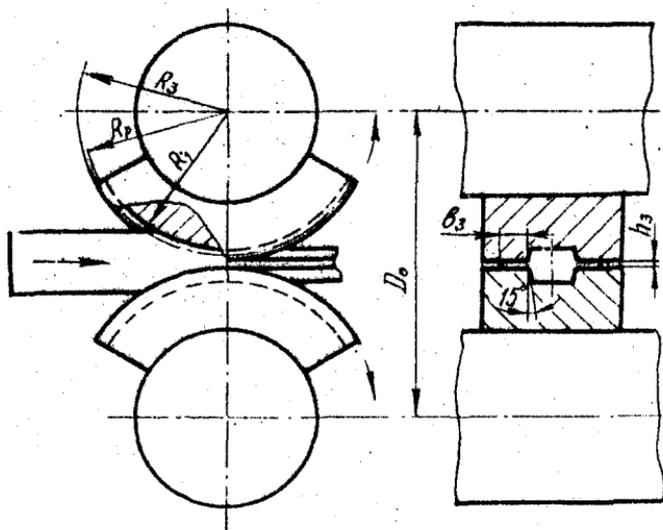


Рис.2. Схема вальцовки с заусенцем

коэффициент вытяжки не превышает двух, т.е.

$$\lambda_T = \frac{F}{F_K} \leq 2,$$

где F - площадь сечения исходной полосы;
 F_K - площадь калибра.

Поэтому приведенная в работе [7] методика расчета калибров может найти лишь ограниченное применение.

При вальцовке встречаются случаи, когда на отдельных участках проковки величина теоретического коэффициента вытяжки оказывается более двух ($\lambda_T > 2$), а заусенец получается шире калибра:

$$\delta_3 > \delta_{Kc},$$

где δ_3 - односторонняя ширина заусенца;
 δ_{Kc} - ширина калибра, вычисленная по методу соответственной полосы.

Исследования для определения опережения в условиях, когда $1 < \lambda_T < 3$, осуществляли на вальцах С-154 с межосевым расстоянием $D_0 = 550$ мм, имеющих 20 об/мин. Вальцовку круглых заготовок из сталей 35, 50, 40 диаметром от 20 до 50 мм проводили в ящичных калибрах.

Калибры выполняли высотой от 10 до 28 мм и шириной от 16 до 48 мм. Заусенец имел толщину от 2 до 3,5 мм и ширину от 2 до 27 мм. На рис.1 показаны образцы полос с разной шириной заусенца.

Параметры процесса определяли методом соответственной полосы; при подсчете площади сечения полосы учитывался и заусенец. Опережение (рис.2) определялось в пересчете на рабочий радиус по формуле

$$S = \left[\left(\frac{S_1}{100} + 1 \right) \frac{R_1}{R_p} - 1 \right] \cdot 100\%, \quad (I)$$

где R_p - рабочий радиус, равный $R_p = \frac{D - h_{ic}}{2}$;
 S_p - опережение по касательной к дуге рабочего радиуса;
 S_1 - опережение, найденное с помощью кернов, расположенных на дне ручья с радиусом R_1 ;
 h_{ic} - высота соответственной полосы после вальцовки.

Корреляционные связи полученных экспериментальных данных рассчитывали на ЭСМ - 2М по программе "ЛОКОС-1,2".

Из формулы

$$S_p = \gamma_k^2 \frac{R_p}{h_i} \cdot 100\%$$

видно, что опережение при прокатке на гладкой бочке без учета уширения зависит от критического угла γ_k , рабочего радиуса R_p и толщины полоем после прокатки h . Для определения критического угла необходимо знать коэффициент трения, который является функцией многих переменных (химического состава полосы, состояния поверхности калибра, температуры полосы и т.д.).

Сложнее определять опережение при сортовой прокатке с уширением, а тем более при штамповочной вальцовке с выходом металла в заусенец.

Исходя из этого, опережение рассматривалось нами как функция относительной смещенной площади

$$S = \varphi \left(\frac{F_{см}}{F} \right),$$

где S - опережение металла;

$F_{см}$ - смещенная площадь, равная $F_{см} = \Delta h_{нс} \cdot B_{ос}$;

$B_{ос}$ - ширина исходной соответственной полосы;

$\Delta h_{нс}$ - обжатие, подсчитанное по методу соответственной полосы.

Вальцовку производили, используя заготовки круглой формы, у которых

$$B_{ос} = H_{ос} = \sqrt{F},$$

где $H_{ос}$ - высота исходной соответственной полосы.

Тогда

$$F_{см} = \Delta h_{нс} \cdot H_{ос}.$$

Зависимость опережения от параметра $\frac{F_{см}}{F}$ при вальцовке круглых полос на гладкой бочке (рис.3) можно выразить уравнением

$$S_D = 3 \frac{F_{см}}{F} \left(\frac{F_{см}}{F} + 2.14 \right) \% \quad (2)$$

Как отмечалось в работе [7], соотношение размеров межосевого расстояния валков и исходной заготовки оказывает незначительное влияние на процесс вальцовки с выходом металла в заусенец в отличие от вальцовки без выхода металла в заусенец.

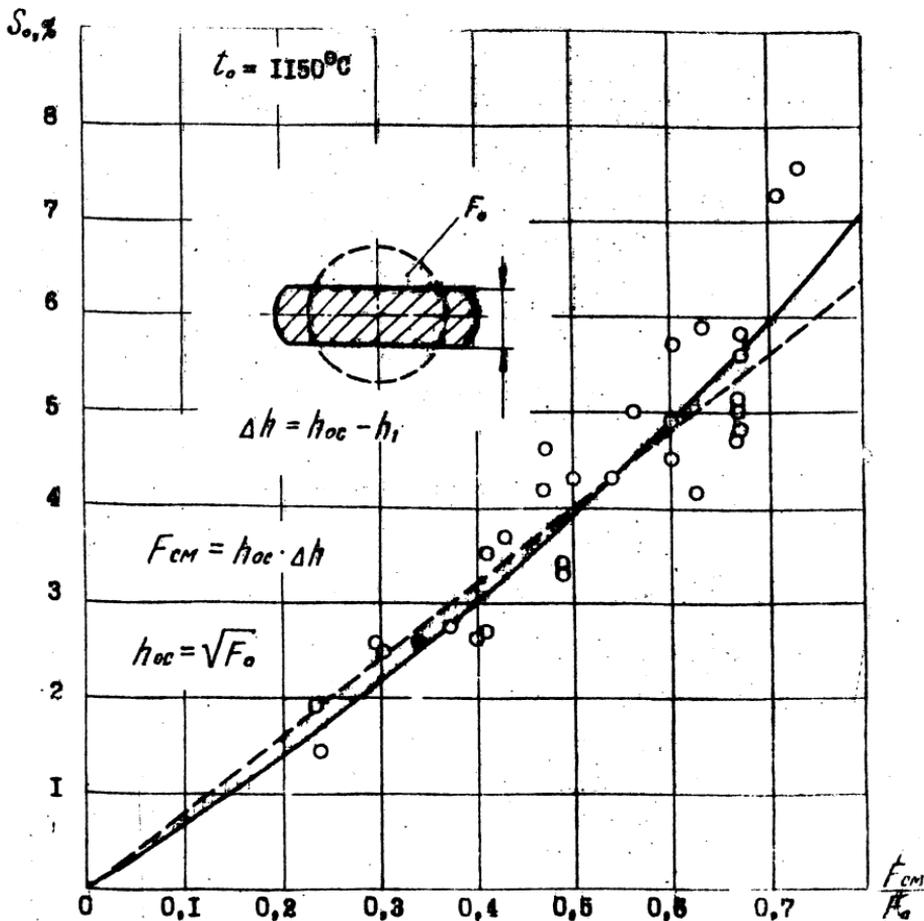


Рис.3. Зависимость опережения от относительной смещенной площади при вальцовке на гладкой бочке

В настоящем исследовании $\frac{D_0}{H_{oc}} = 12 \div 30$.

При вальцовке с заусенцем его размеры влияют на опережение. Однако, кроме заусенца, на опережение при прочих равных условиях влияет еще ширина калибра. Поэтому абсолютная величина заусенца [2,7] является недостаточно универсальным параметром.

Исходя из этого, в настоящей работе опережение рассматривалось в зависимости от параметра $b_3/b_{кк}$. Естественно, чем больше этот параметр, тем больше влияние заусенца на опережение.

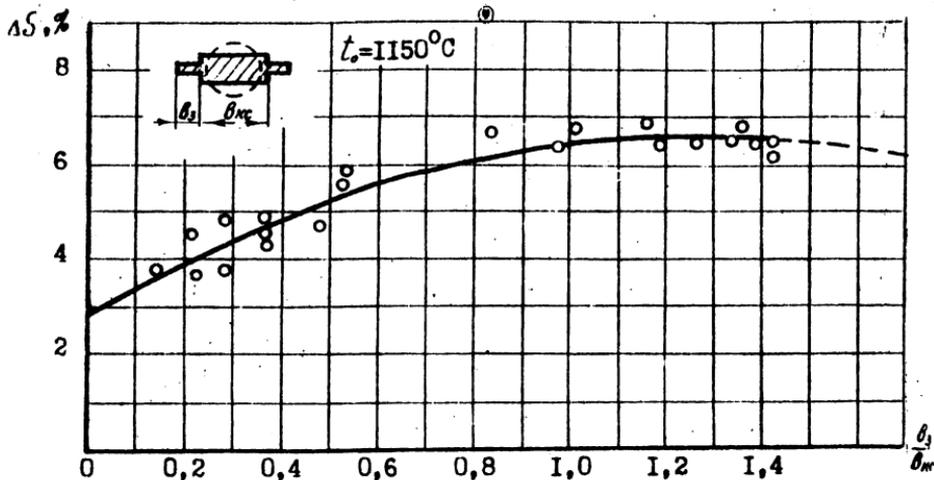


Рис.4. Приращение опережения в зависимости от отношения ширины заусенца к ширине калибра

На рис.4 показана зависимость, где по оси абсцисс отложен параметр $b_3/b_{кк}$, а по оси ординат - разность между экспериментальным значением опережения при вальцовке с заусенцем S_p и опережением на гладкой бочке S_0 , вычисленным по формуле (2) при равной относительной смещенной площади $F_{см}/F$, т.е. приращение опережения за счет формы калибра [5] и заусенца:

$$\Delta S_p = S_p - S_0 \quad (3)$$

Указанная зависимость может быть выражена формулой

$$\Delta S_p = \left[2.3 \frac{b_3}{b_{кк}} \left(2.56 - \frac{b_3}{b_{кк}} \right) + 2.8 \right] \% \quad (4)$$

Исследуя уравнение (4) на максимум (приравнявая первую производную нулю), устанавливаем, что максимальный прирост опережения за счет заусенца получается при $b_3/b_{кк} = 1.28$.

Следовательно, до определенного предела увеличение ширины заусенца ведет к росту опережения, что согласуется с выводами С.Н.Филипова [3] и А.П.Чекмарева, Н.М.Санько [5].

При дальнейшем увеличении ширины заусенца либо уменьшении ширины калибра при неизменной ширине заусенца условия приближаются к случаю вальцовки на гладкой бочке, либо в калибре без заусенца. При этом приращение опережения за счет заусенца отсутствует.

Приравнивая правую часть формулы (4) нулю, устанавливаем, что приращение опережения отсутствует, когда

$$\frac{\beta_3}{\beta_{КС}} \geq 2,97.$$

Следовательно, имеются условия, выражаемые неравенством $1,28 < \beta_3/\beta_{КС} < 2,97$, при которых увеличение ширины заусенца ведет к уменьшению опережения, что согласуется с выводами В.Н.Мартынова [2].

Формула (4) включает в себя оба указанных условия и поэтому является более общей.

В уравнении (4) имеется свободный член, равный 2,8, наличие которого можно объяснить следующим образом. Когда $\beta_3/\beta_{КС} = 0$, вальцовка в ящичном калибре происходит без выхода металла в заусенец. В этом случае, согласно работе [5], опережение оказывается несколько большим, чем на гладкой бочке.

Таким образом, при прочих равных условиях свободный член уравнения (4) означает величину прироста опережения при вальцовке в ящичном калибре без заусенца по сравнению с вальцовкой на гладкой бочке.

Подставляя значение S_{01} и ΔS_p в формулу (3) и решая ее относительно S_p , получим

$$S_p = \left[3 \frac{F_{CM}}{F} \left(\frac{F_{CM}}{F} + 2,14 \right) + 2,3 \frac{\beta_3}{\beta_{КС}} \left(2,56 - \frac{\beta_3}{\beta_{КС}} \right) + 2,8 \right] \% . \quad (5)$$

По этой формуле может быть рассчитано опережение при температуре исходной заготовки $t_0 = 1150^\circ\text{C}$. При изменении температуры изменяется опережение и ширина заусенца. Учет их изменения введением соответствующих коэффициентов n и m в формулу 5:

$$S_p = \left[3 \frac{F_{CM}}{F} \left(\frac{F_{CM}}{F} + 2.14 \right) \cdot n + 2.3 \frac{b_3 \cdot m}{b_{KC}} \left(2.56 - \frac{b_3 \cdot m}{b_{KC}} \right) + 2.8 \right] \% \quad (6)$$

Согласно полученным экспериментальным данным, функция $S_0 = \varphi\left(\frac{F_{CM}}{F}\right)$ в рассматриваемых пределах может без существенной погрешности быть представлена в виде линейной зависимости. В этом случае получим следующую формулу:

$$S_0 = 8.1 \frac{F_{CM}}{F} \quad (7)$$

(см. штрихпунктирную линию на рис.3).

Если подставить значение S_0 из выражения (7) в формулы (5) и (6), то последние упростятся и примут вид:

$$S_p = \left[8.1 \frac{F_{CM}}{F} + 2.3 \frac{b_3}{b_{KC}} \left(2.56 - \frac{b_3}{b_{KC}} \right) + 2.8 \right] \% \quad (8)$$

$$S_p = \left[8.1 \frac{F_{CM}}{F} \cdot n + 2.3 \frac{b_3 \cdot m}{b_{KC}} \left(2.56 - \frac{b_3 \cdot m}{b_{KC}} \right) + 2.8 \right] \% \quad (9)$$

Согласно данным работы [7], влияние температуры на опережение в интервале 900 - 1150°C выражается коэффициентом

$$n = 1.5 - 0.435 \cdot 10^{-3} \cdot t_0 \quad (10)$$

а влияние температуры на ширину заусенца коэффициентом

$$m = 1.92 - 0.8 \cdot 10^{-3} \cdot t_0 \quad (11)$$

При 1150°C оба коэффициента оказываются равными единице и формулы (5) и (6) становятся равными.

После подстановки значений коэффициентов n и m формулы (6) и (9) становятся пригодными для расчета опережения по касательной к рабочему радиусу при вальцовке в ядичном калибре с заусенцем в интервале температур 900 - 1150°C.

Для определения долевых размеров ручья штампа необходимо пересчитать опережение с рабочего радиуса (рис.2) на радиус зер-

келья штампа R_3 или, что то же самое, на радиус наружной поверхности ручьевой вставки, образующей заусенец, на которой выполняется разметка гравюры. Для этого в формулу (I) вместо S_1 и R_1 подставляем S_3 и R_3 и решаем ее относительно S_3 :

$$S_3 = \left[\left(\frac{S_1}{100} + 1 \right) \frac{R_1}{R_3} - 1 \right] \cdot 100 \% . \quad (12)$$

Такой пересчет опережения $S_{пр}$ на S_3 необходимо делать отдельно для каждого участка поковки.

Выводы

1. С увеличением ширины заусенца до $b_3/b_{кв} = 1,28$ опережение растет, при дальнейшем увеличении ширины заусенца оно уменьшается.

2. Предложены формулы для определения опережения в интервале ковочных температур 900-1150°C, которые могут найти применение при расчете калибров для вальцовки поволоки простой формы с выходом металла в заусенец.

Л и т е р а т у р а

1. А р и с т о в В.М. Экспериментальное исследование штамповки в вальцах деталей сложной формы. Отчет по теме I3-2552 ЦНИИТМАШ, 1950.

2. М а р т ы н о в В.Н. Исследование процесса штамповки в вальцах. М., Машгиз, 1952.

3. Ф и л и п п о в С.Н. Продольная прокатка периодически профилией. М., Metallургиздат, 1956.

4. С м и р н о в В.С., Х а н П х е У н. Тр. ЛПИ № 203. М., Машгиз, 1959.

5. Ч е к м а р е в А.П., С а н ь к о Н.М. Тр. Днепропетровского металлургического ин-та, вып. № 39. Харьков, Metallургиздат, 1960.

6. С м и р н о в В.С. Продольная периодическая прокатка. М., Машгиз, 1961.

7. К а у ф м а н К.М. Технология производства, научная организация труда и управления. Научно-технич. реферативный сборник НИИМАШ, № 8, 1969.