

## ЧИСТОВОЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ КАЛИБР ДЛЯ ПРОКАТКИ КРУГЛЫХ ПРОФИЛЕЙ

**Шум В.Б.** (ЗАО "ММЗ "Истил (Украина)"), **Смирнов Е.Н., Яковченко А.В.** (ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк), **Борискин В.В.** (ЗАО "ММЗ "Истил (Украина)")

*Рассмотрены особенности калибровки кругов больших диаметров  $\varnothing$  240...350 в условиях стана 950/900 ЗАО "ММЗ "Истил (Украина)". Предложена конструкция чистового калибра, в котором путем усовершенствования его геометрии обеспечивается формирование не менее двух круглых профилей за счет изменения зазора между валками.*

Прокатку кругов больших диаметров, как правило, осуществляют в заготовочной клети 900 последовательно в системе калибров ящичный предовал, овал и круг из заготовки прямоугольного сечения, которую получают путем обжатия слитка на обжимной клети 950.

Прокатку кругов максимально больших диаметров (240...350 мм) производят по системе овал-круг. При этом конструкция овального калибра обеспечивает деформацию бруса за необходимое число проходов с получением как предовала, так и как овала. В этом же калибре после кантовки заготовки на  $90^\circ$  формируется предчистовой профиль.

За счет исключения крупногабаритного предовального калибра представилась возможность в валках заготовочной клети 900 разместить в два раза больше калибров для прокатки круглых профилей  $\varnothing$  240...275 мм с интервалом 5 мм, и следовательно сократить парк валков. С учетом технических возможностей основного и вспомогательного оборудования стана 950/900 выпуск круглой заготовки 280...350 возможен только из клети 950.

Возможность размещения калибров для прокатки указанных кругов ограничена, поскольку для обжатия крупногабаритных слитков массой от 5,7 до 8,5 т ширина калибра "бочка" занимает около четверти длины бочки валков. Вследствие этого для размещения требуемого количества калибров (предовал - овал - круг), необходимых для формирования готового профиля, длины рабочей части бочки валка недостаточно.

Единственно возможным решением, позволившим получение кругов больших диаметров в клетки 950 явилось использование универсального калибра выполняющего роль как черного обжимного калибра, так и предчистового овала.

В настоящее время обычно круглые профили получают исключительно в индивидуальных чистовых круглых калибрах. Получение в этих калибрах других кругов близких по диаметру за счет изменения зазора между валками невозможно поскольку соответствующее связанное с этим изменением профиля выводит его размеры за пределы допусков. Поэтому для прокатки требуемого количества профилеразмеров кругов необходимо соответствующее количество чистовых, а также предчистовых калибров, и следовательно – большое количество комплектов прокатных валков. Это определяет значительный расход валков и их многократные перевалки на стане при переходе с профиля на профиль, что снижает эффективность работы стана [1,2].

С целью устранения указанных недостатков и расширения возможностей стана при прокатке кругов больших диаметров, была поставлена задача разработки конструкции чистового универсального калибра, в котором путем усовершенствования его геометрии обеспечивается формирование не менее двух смежных профилеразмеров в одном чистовом калибре путем изменения зазора между валками.

Она решена следующим образом. В предложенном универсальном калибре, величина радиуса, очерчивающего контур калибра, принимают и определяют как величину промежуточную между радиусами смежных профилей по формуле:

$$r_k = k \cdot d \cdot 0,5 (r_1 + r_2); \quad (1)$$

$$h_k = 2 \cdot r_k = d_k; \quad b_k = d_1 + (0,25 - 0,70) \Delta a_{(+)} \cdot (2)$$

где  $r_k$  - радиус очертания универсального калибра;  
 $k$  – коэффициент, учитывающий симметричность допусков по диаметру профиля,  $k = (0,97 - 1,015)$ ;  
 $a$  - коэффициент линейной усадки горячего металла;  
 $h_k, b_k$  - высота и ширина калибра соответственно;  
 $\Delta a_{(+)}$  - величина плюсового допуска.

Диаметры смежных профилей ограничивают соотношением:

$$d_1 = (1,03 - 1,05) d_2 \quad \text{для } \varnothing 280 \div 350 \text{ мм}; \quad (3)$$

$$d_1 = (1,045 - 1,070) d_2 \quad \text{для } \varnothing 200 \div 280 \text{ мм}, \quad (4)$$

где  $d_1$  и  $d_2$  – диаметры смежных профилей ( больший и меньший соответственно).

Для случаев, когда абсолютная величина плюсового допуски превышает абсолютную величину минусового,  $k < 1$ ; для случаев, когда абсолютная величина минусового допуски превышает абсолютную величину плюсового,  $k > 1$ ; при равенстве допусков  $k = 1$ .

На рисунке 1 представлена схема построения круглого чистового универсального калибра. На рисунке 2 показан предчистовой овальный калибр, а на рисунке 3 - чистовой универсальный калибр для прокатки круглых профилей  $\varnothing 300-305$  мм. В процессе прокатки предусматривается кантовка овального профиля перед его задачей в чистовой калибр. На рисунке 3 размеры, указанные в скобках, соответствуют настройке калибра на минимальный (300 мм) и максимальный (305 мм) размер прокатываемого профиля.

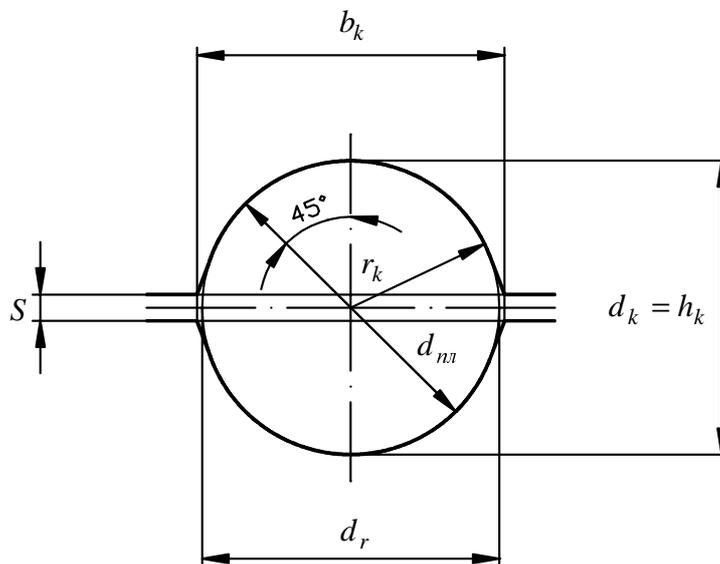


Рисунок 1 – Схема построения круглого универсального калибра

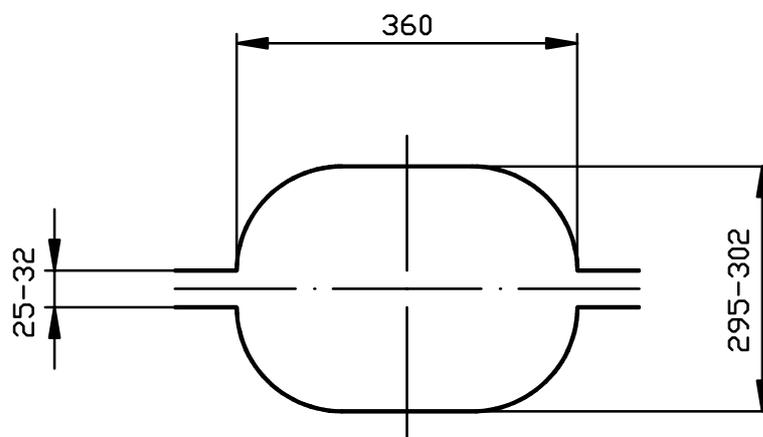
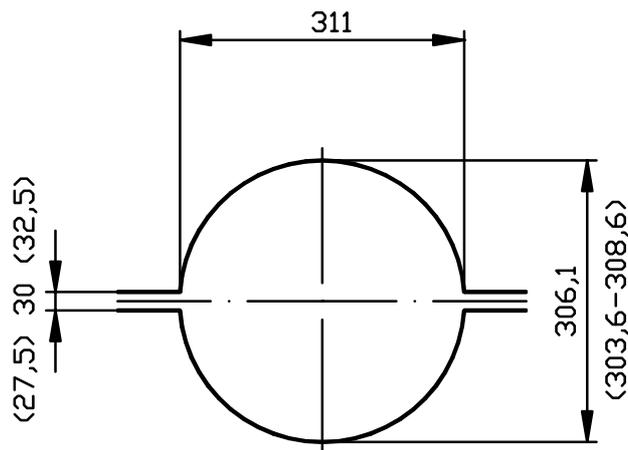


Рисунок 2 – Предчистовой овальный калибр



**Рисунок 3** – Чистовой универсальный калибр для прокатки круглых профилей  $\varnothing 300-305$  мм

Общепринятая универсальность предчистового овального калибра, обеспечивающая получение 2-3 профилируемых размеров круглого профиля, в этом случае функционально расширена за счет одновременного выполнения роли предвала. При этом следует отметить, что универсальность овального калибра относительно чистовых калибров нельзя признать рациональной. Она оправдана значительным снижением расхода валков и расширением возможностей прокатного стана. Это объясняется тем, что с переходом прокатки с меньшего профилируемого размера на больший за счет увеличения зазора между валками (увеличением толщины овала) его ширина остается неизменной в связи с тем, что уменьшается обжатие в чистовом калибре. Кроме того, с увеличением зазора в овальном калибре увеличивается внеконтактная поверхность, что вызывает утяжку металла по вертикальному диаметру профиля, которая с уменьшением обжатия ухудшает проработку поверхности и структуру металла готового проката. В связи с этим возникает необходимость в ограничении предела универсальности овальных калибров.

На основании опыта освоения прокатки круглых профилей большого диаметра на ЗАО "ММЗ "Истил (Украина)" были установлены пределы универсальности для предчистовых овальных калибров см. формулы (3) и (4).

Рассмотрим анализ реализации предлагаемого решения на конкретном примере в условиях заготовочного стана 950/900. Результаты расчета чистовых универсальных калибров для прокатки круглых профилей, имеющих диаметры 300-305 мм и 345-350 мм, представлены в таблице 1. Все размеры соответствуют горячему состоянию металла.

Таблица – Результаты расчета чистовых универсальных калибров для прокатки кругов  $\varnothing 305 - 300$  мм и  $350 - 345$  мм

№ п /п	Интервалы профилеразмеров Наименование параметров	$\varnothing 305-300$		$\varnothing 350-345$	
		$d_1$	$d_2$	$d_1$	$d_2$
Входные данные (мм)					
1	Номинальный диаметр профиля в горячем состоянии $d_0 = \alpha d$	308,6	303,6	354,6	349,5
2	Допуски по диаметру профиля $\pm \Delta a$	+4,5	-4,5	+5,2	-5,2
3	Максимально допустимая величина диаметра профиля: $d_{\max} = d_0 + \Delta a_{(+)}$	313,1	308,1	355,3	350,2
4	Минимально допустимая величина диаметра профиля: $d_{\max} = d_0 - \Delta a_{(-)}$	304,1	299,1	344,7	339,8
5	Допустимая овальность профиля: $0,5 (\Delta a_{(+)} + \Delta a_{(-)})$	4,5		5,2	
Размеры чистового универсального калибра (мм)					
6	Коэффициент $k = (0,97 - 1,015)$	1,0		1,0	
7	Радиус очертания калибра: $r_k = k \cdot \alpha t \cdot 0,5 (r_1 + r_2)$	153,05		176	
8	Высота: $h_k = d_k = 2r_k$	306,1		352	
9	Ширина: $b_k = d_k + (0,25-0,7) \Delta a_{(+)}$	309,3		355,6	
10	Размер в "плечах": $d_{nl} = d_k = h_k$	306,1		352	
11	Величина зазора $S$	30		30	
Номинальные размеры профиля (мм)					
12	Установка высоты $\Delta d = 0,5 (d_1 - d_2)$	+2,5	-2,5	+2,6	-2,6
13	Высота: $h_{1,2} = d_{1,2} = d_k \pm \Delta h$	308,6	303,6	354,6	349,5
14	Ширина: $b_{1,2} = h_{1,2}$	308,6	303,6	354,6	349,5
15	Размер в "плечах": $d_{nl,2} = d_0 \pm 0,71 \Delta h$	306,85	305,35	352,8	351,3
Разница номинальных размеров по окружности профиля:					
16	Допустимая по ТУ	4,5		5,2	
17	Гарантированная геометрией универсального калибра	1,75	1,75	1,85	1,85

Пример. В соответствии с техническими условиями на прокатку кругов (ГОСТ-3-009-2000) допуская отклонения по диаметру круга со-

ставляют  $\pm 1,5\%$ , что для круга  $\varnothing 300$  мм составляет  $\pm 4,5$  мм. Поэтому величина коэффициента  $k = 1$ . В этом случае номинальный диаметр чистового универсального калибра составит полусумму диаметров  $d = 306,1$  мм (см. рисунок 3).

Для обеспечения прокатки круга  $\varnothing 305$  мм высоту калибра увеличивают на 2,5 мм, при этом  $h_1 = d_1 = 308,6$  мм (см. рисунок 3).

Ширина профиля принимается равной его высоте  $b_1 = d_1 = 308,6$  мм и этим обеспечивается соответственное увеличение предчистового овального профиля.

При переходе на прокатку круга диаметром  $\varnothing 300$  мм с круга  $\varnothing 305$  мм высоту калибра уменьшают на 5 мм, что составит  $h_2 = d_2 = 303,6$  мм (см. рисунок 3). Необходимый размер профиля по горизонтали обеспечивается соответствующим уменьшением толщины предчистового овала (см. рисунок 2).

При прокатке круглых профилей обязательному контролю по сечению круга подвергают размеры по главным осям, то есть размеры  $d_k$  и  $d_r$ , а также по «плечам»  $d_{nl}$ , а именно под углом  $45^\circ$  к главным осям (см. рисунок 1).

Последний размер важен тем, что с увеличением или уменьшением высоты чистового калибра он изменяется в зависимости от величины  $\Delta d_{nl} = 0,71 \Delta d_k$ . В связи с этим, в случае прокатки профиля с размерами  $d_r = d_k$  на граничных значениях допусков, размер по плечам  $d_{nl}$  является определяющим. Так, при увеличении высоты калибра от номинального размера до диаметра большего профиля размер по плечам составит 0,71 от увеличения высоты.

В этом случае  $h_1 = 308,6$ ;  $d_{nl} = 306,85$ , т.е. меньше на 1,75 мм, что составляет лишь 23% от допустимой техническими условиями овальности профиля (полусуммы допусков). При прокатке профиля с меньшим диаметром, высоту калибра уменьшают на 2,5 мм, вследствие чего размер по плечам уменьшится на 1,75 мм. При этом запас до границы минусового допуска составит  $4,5 - 1,75 = 2,75$  мм.

Так как техническими условиями допускается расхождение размеров по окружности профиля в границах установленных допусков на размеры ( $\pm 4,5$  мм) и овальность (4,5 мм) очевидно, что геометрия предлагаемого универсального калибра гарантирует производство круглых профилей с довольно высокой степенью точности размеров в поперечном сечении готового проката.

Как свидетельствует анализ результатов расчета, представленных в таблице 1, геометрия чистовых универсальных калибров обеспечивает прокатку не менее двух профилеразмеров путем изменения высоты калибра (при заданном соотношении  $d_1 = (0,97 \div 1,033) d_2$ ). Связанное с ним формоизменение металла гарантирует (с учетом разницы размеров по окружности

профиля) формирование каждого профиля в пределах установленных допусков с довольно высокой степенью точности формы поперечного сечения проката.

Таким образом, разработанная система калибровки для прокатки кругов большого диаметра реализует максимально возможную универсальность, включая применение предложенных круглых калибров. При этом обеспечивается снижение расхода прокатных валков, затрат времени на перевалки валков с профиля на профиль, а также расширяются возможности прокатных станов. Наиболее актуальным представляется использование предлагаемого решения на одно-двух клетьевых прокатных станах, например, заготовочных с широким сортаментом круглых профилей, где размещение чистовых калибров ограничено длиной бочки прокатных валков.

#### Литература

1. Чекмарев А.П., Мутьев М.С., Машковцев Р.А. Калибровка прокатных валков. Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1971.- 512с.
2. Литовченко Н.В., Диомидов Б.Б., Курдюмова В.А. Калибровка валков сортовых станов. - М.: Металлургиздат, 1963. - 638с.

**© Шум В.Б., Смирнов Е.Н., Яковченко А.В.,  
Борискин В.В. 2008**