

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исагулов А.З., Кузембаев С.Б., Ахметова С.С. – В кн.: Математическое моделирование импульсного нагружения дисперсных сред. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2006. С. 12 – 14.

2. Матвеев И.В., Бельчук В.С. // Литейное производство. 2006. № 8. С. 12, 13.

© 2013 г. А.З. Исагулов, В.Ю. Куликов, Е.П. Щербакова, Т.В. Ковалева, Д.А. Исагулова
Поступила 2 марта 2012 г.

УДК 621.771

В.Н. Перетьяко, А.С. Климов, М.В. Филиппова

Сибирский государственный индустриальный университет

КАЛИБРОВКА ВАЛКОВ ШАРОПРОКАТНОГО СТАНА. СООБЩЕНИЕ 1

Аннотация. При прокатке шаров на шаропрокатном стане деформация металла производится в валках с винтовыми калибрами. Ввиду такого характера прокатки очаг деформации можно разделить на формирующий участок, где происходит захват заготовки, ее обжатие и формирование шара, и отделочный участок, где происходит обкатка шара, получение конечных размеров и удаление перемычки. Для нормального процесса прокатки осуществляется калибровка формирующего участка прокатных валков. В работе приведен расчет калибровки валков для прокатки шаровой заготовки. Расчет выполнен для прокатки шара диам. 125 мм. Приведены исходные данные для калибровки шаропрокатного стана.

Ключевые слова: шаропрокатный стан, калибровка, прокатные валки, деформация, процесс прокатки.

CALIBRATING ROLL OF THE BALL-ROLLING MILLS. PART 1

Abstract. During the rolling of balls on ball-rolling mill deformation of the metal is in the rolls with screw gauges. In view of such a character of the rolling of deformation is concerned, and can be divided into the forming section, where the rolls bite the billet and reduce it gradually into the ball shape, and the finishing section, where the ball is rolled to the final size and severed from the rest of the billet. A normal process of rolling is provided for by designing the forming section of the pass groove. In the article outcomes the calculation of roll pass designed for rolling of balls. The calculation outcomes for rolling of balls 125 mm. The article provides the initial data for roll pass design of a ball mill.

Keywords: ball mill, roll pass, deformation, process of rolling.

Поперечно-винтовая прокатка шаровых заготовок осуществляется между двумя вращающимися валками, на бочках которых нарезаны винтовые калибры. Профиль и размеры калибра соответствуют профилю прокатываемого изделия. Оси прокатных валков обычно наклонены под небольшим углом к оси прокатываемой заготовки, за счет чего обеспечивается осевая подача металла в валках.

Передний конец нагретого прутка задается во вращающиеся валки прокатного стана. При этом заготовка начинает вращаться и одновременно продвигаться по оси прокатки. В валках вращающаяся заготовка обжимается ребрами калибра и приобретает форму шара, соединенного перемычкой с остальной заготовкой. При дальнейшем продвижении в валках шар калибруется и полностью отделяется от прутка. Для удержания обжимаемой заготовки на оси прокатки служат проводки. При однозаходной калибровке за каждый оборот валков прокатывается один шар.

Очаг деформации при прокатке шаров имеет два основных участка [1]: формирующий, где заготовка обжимается с изменением формы и размеров винтовой реборды; отделочный, где форма и размеры реборды остаются неизменными, а обжатие осуществляется за счет оваллизации заготовки.

Формовка шара осуществляется ребрами валков, высота которых постепенно возрастает. Для упрощения расчета калибровки и изготовления валков принято, что высота реборды калибра изменяется по закону прямой линии.

Для нормального процесса прокатки профиль и размеры формирующего участка калибра рассчитываются таким образом, чтобы в процессе обжатия заготовки соблюдались следующие три основных положения [2]:

- объем металла, обжимаемый в калибре, должен оставаться постоянным в течение всего процесса формовки;
- изменение профиля и размеров реборды калибра должно соответствовать вытяжке обжимаемой заготовки;
- обжатие должно осуществляться относительно узкими участками, чтобы предотвратить разрыхление металла по оси заготовки.

Соблюдение указанных условий обеспечивает прокатку шаров правильной геометрической формы при минимальном расходе энергии на деформацию. Однако практически при проектировании и изготовлении калибровочных валков неизбежны отступления от этих условий в пределах, существенно не нарушающих нормальное течение процесса прокатки.

Согласно первому положению, необходимо, чтобы объем некоторой части заготовки, захваченной валками, оставался неизменным по мере прохождения его через остальные участки калибра. В этом случае в любой момент прокатки не будет избытка металла. При появлении избытка металла искажается геометрическая форма шара и возможно образование пустот в осевой зоне заготовки. Наличие небольшого избытка металла допускается лишь в начале калибра, когда реборда еще сравнительно низка и не препятствует вытеснению металла из калибра.

Согласно второму условию нормального образования формы шара, вытяжка обжимаемого участка заготовки должна соответствовать изменению формы и размеров реборды калибра. В случае прокатки шаров длина обжимаемой перемычки (b_a) должна быть равна ширине прямого участка реборды калибра (a_a). Если изменение ширины реборды калибра меньше вытяжки обжимаемой заготовки ($a_a < b_a$), то металл будет отходить от реборды, и на поверхности заготовки будет образовываться накат, который при дальнейшем обжати заготовки раскатывается в плену. Если же изменение ширины реборды калибра больше, чем вытяжка заготовки ($a_a > b_a$), то в обжимаемой перемычке возникают осевые растягивающие напряжения, которые могут привести к разрыву перемычки.

Таким образом, для выполнения как первого, так и второго условий образования формы шара реборда на различных участках калибра должна иметь строго определенную толщину. В связи с этим формирующий участок калибра имеет переменный шаг нарезки.

На основании третьего положения можно отметить, что обжатие заготовки ведется сравнительно узкими участками, поэтому разрушения металла в осевой зоне не происходит.

В настоящее время в технической литературе отсутствует подробная методика расчета калибровки

валков шаропрокатного стана. Разработанная нами методика используется при калибровке валков шаропрокатного стана 40-80 Гурьевского металлургического завода. При ее разработке использовали общие положения по калибровке, изложенные в работах [1 – 5].

В качестве примера ниже приведен расчет калибровки валков для прокатки шара диам. $d_{ш} = 125$ мм; диаметр валков $d_b = 440 - 460$ мм. Расчет калибровки шара выполняется для левого валка, калибровка правого валка аналогична. Единственное отличие в том, что после нарезки реборды правого валка она подрезается по высоте на определенную величину.

При расчете и построении калибровки валков необходимо руководствоваться рекомендациями к проектированию, приведенными в таблице [1].

Исходными данными для калибровки являются техническая характеристика прокатного стана, размеры прокатных валков, диаметр получаемого шара.

Согласно ГОСТ 7524 – 89 «Шары стальные горячекатаные для шаровых мельниц» выбираем номинальный диаметр шара для последующей калибровки валков с учетом допускаемых отклонений. Принимаем $d_{ш} = 125$ мм, допускаемое отклонение диаметра ± 5 мм. Тогда диаметр заготовки составляет $d_3 = d_{ш}/\eta_0 = 125/1,03 = 121,35$ мм, где η_0 – коэффициент, учитывающий радиальный рост размера шара во время прокатки (принимаем $\eta_0 = 1,03$).

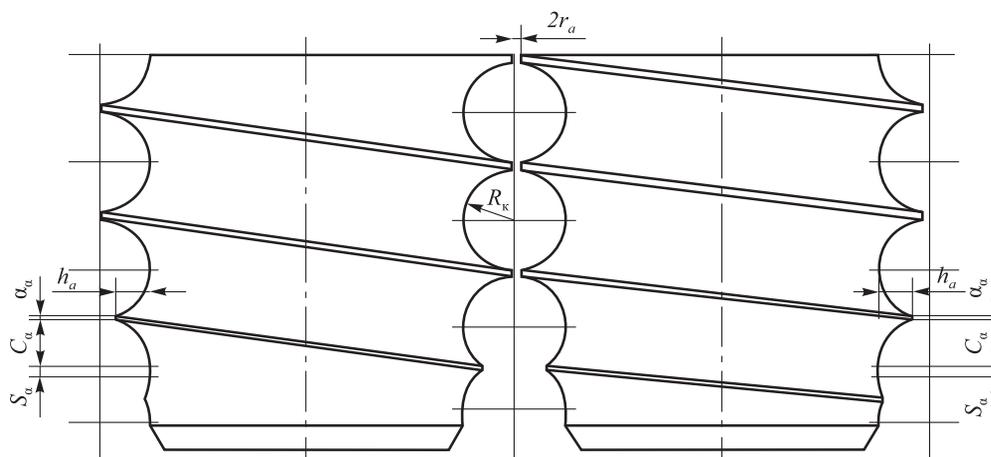
По ГОСТ 2590 – 2006 «Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый» выбираем ближайшую по диаметру заготовку 120 мм. Тогда диаметр шара будет равен

$$d_{ш} = d_3 \eta_0 = 120 \cdot 1,03 = 123,6 \text{ мм.} \quad (1)$$

Основные размеры валков шаропрокатного стана приведены на рисунке.

Исходные данные для проектирования калибровки валков шаропрокатных станов

$d_{ш}$, мм	d_b , мм	Протяженность калибра, α°		$2r$, мм	Размер реборды, мм		
		$\alpha_{общ}$	$\alpha_{отд}$		высота на захвате	ширина на отделочном участке	ширина на участке 270° от захвата
Станы для прокатки заготовок шаров подшипников качения							
$1 \frac{1}{16}$	200 – 220	900 – 1080	540	2,0 – 2,5	1,0 – 1,3	4,0	1,8 – 2,0
$1 \frac{3}{32}$				2,0 – 2,5	1,0 – 1,3	4,0	
$1 \frac{1}{4}$				2,5 – 3,0	1,8 – 2,0	5,0 – 6,0	
$1 \frac{1}{2}$				2,5 – 3,0	1,8 – 2,0	5,0 – 6,0	
До 2				3,0 – 3,8	2,5 – 3,2	6,0 – 6,5	
Станы для прокатки мелющих шаров							
40 – 50	180 – 300	900 – 1080	540 – 720	3,0 – 3,2	2,5 – 3,8	3,7 – 5,4	2,0 – 2,4
60 – 80	280 – 460	1080 – 1350	630 – 810	3,6 – 5,0	4,4 – 4,5	5,8 – 8,4	3,0
100 – 125	550 – 690	1260 – 1350	630 – 810	6,0	5,4	9,0 – 11,0	3,5 – 4,0



Основные размеры, мм, прокатных валков:
 h_a и a_α – высота и ширина реборды валка; C_α и S_α – ширина сферического и цилиндрического участков калибра;
 r_α и R_k – радиусы перемычки и калибра

Дальнейший расчет калибровки можно разбить на несколько последовательных этапов.

На **предварительном** этапе определяем следующие параметры:

диаметр калибра

$$d_k = d_{ш} \cdot \eta_t = 123,6 \cdot 1,013 = 125,2 \text{ мм}, \quad (2)$$

где $\eta_t = 1,013$ – коэффициент, учитывающий температурное расширение металла;

минимальную высоту реборды

$$a = 0,04R_k + 1,3 = 0,04 \cdot 62,6 + 1,3 = 3,8 \text{ мм}, \quad (3)$$

где $R_k = d_k / 2$ – радиус калибра, мм;
 начальную высоту реборды

$$h_0 = 1,5 + 0,07(R_k - 10) = 1,5 + 0,07(62,6 - 10) = 5,2 \text{ мм}; \quad (4)$$

минимальный радиус перемычки

$$r = 1 + 0,04(R_k - 10) = 1 + 0,04(62,6 - 10) = 3,1 \text{ мм}; \quad (5)$$

ширину реборды перед отрезкой

$$a_{отр} = 4 + 0,14(R_k - 10) = 4 + 0,14(62,6 - 10) = 11,4 \text{ мм}. \quad (6)$$

Как уже отмечалось, очаг деформации при прокатке шаров можно разделить на два участка: формующий и отделочный. На формующем участке происходит обжатие перемычки и формирование шаров из круглой заготовки, соединенных перемычками. На отделочном участке происходит окончательная отделка шаров. На этом участке калибра обжатие шара не происходит.

Протяженность калибра (число витков) условно измеряется в градусах развертки винтовой линии. За начало калибра (0°) принят центр радиуса калибра, распо-

ложенного на прямой, проходящей вдоль торца валка со стороны выхода готового шара.

При прокатке шаров руководствуемся рекомендациями таблицы и задаемся общей длиной калибра $\alpha_{общ}$, длиной формующего участка α_ϕ и, соответственно, отделочного участка $\alpha_{отд} = \alpha_{общ} - \alpha_\phi$.

Разбиваем длину калибра на равные участки; для предварительного расчета достаточен угол разбивки $\Delta\alpha = 90^\circ$.

Радиус перемычки в конце формовки при $\alpha = \alpha_\phi - \Delta\alpha$ определяем из соотношения

$$r_{отр} = r + \frac{R_k - h_0 - r}{\alpha_\phi} \Delta\alpha. \quad (7)$$

Изменение высоты реборды при повороте валка на 90° составляет

$$\Delta h = r_{отр} - r. \quad (8)$$

Для каждого угла поворота валков от $\alpha_{общ}$ до нуля через промежуток 90° находим высоту реборды:

$$h_{\alpha-90} = h_\alpha + \Delta h, \quad (9)$$

где h_α – текущая высота реборды, мм.

Рассчитываем радиус перемычки, при этом минимальный его размер составит $r = r_{\alpha_{отд}}$, а радиус перемычки на формовочном участке определяем по зависимости

$$r_{\alpha+90} = r_\alpha + \Delta h. \quad (10)$$

Определяем ширину сферического участка калибра из выражения

$$C_\alpha = \sqrt{R_k^2 - r_\alpha^2}. \quad (11)$$

Так как отрезка перемычки начинается еще во время формовки шара, то принимаем ширину сферического

участка отрезки именно на угле поворота валка $\alpha_{\text{отд}+90}$, предшествующем отделочному участку калибра, т.е.

$$C_{\text{отр}} = C_{\alpha \text{отд}+90}$$

Основные расчетные данные предварительного этапа калибровки приведены ниже:

$\alpha, ^\circ$	$h_{\alpha-90}, \text{ мм}$	$r_{\alpha-90}, \text{ мм}$	$C_\alpha, \text{ мм}$
1260	5,20	57,40	24,98
1170	14,25	48,35	39,76
1080	23,30	39,30	48,73
990	32,35	30,25	54,81
900	41,40	21,20	58,90
810	50,45	12,15	61,41
720	59,50	3,10	62,52
630	59,50	3,10	—
540	59,50	3,10	—

Можно отметить, что высота реборды изменяется по линейному закону, ширина сферического участка увеличивается по ходу прокатки.

УДК 621.791:624

*Н.А. Козырев, В.Ф. Игушев, Р.Е. Крюков,
С.Н. Старовацкая, А.В. Роор*

Сибирский государственный индустриальный университет

ВЛИЯНИЕ ФЛЮСА АН-60 С УГЛЕРОДФТОРСОДЕРЖАЩЕЙ ДОБАВКОЙ НА КАЧЕСТВО СВАРНЫХ ШВОВ СТАЛИ 09Г2С*

Аннотация. Показана возможность снижения содержаний кислорода и водорода в металле сварных швов при автоматической дуговой сварке под флюсом при введении в него углеродфторсодержащей добавки, при этом уменьшается загрязненность шва оксидными неметаллическими включениями, повышаются значения механических свойств и ударная вязкость металла сварных швов при отрицательных температурах. Установлено, что при введении углеродфторсодержащей добавки во флюс АН-60 в количестве до 6 % содержание углерода в металле шва при сварке стали 09Г2С не превышает допустимых значений и не оказывает существенного влияния на твердость металла.

Ключевые слова: дуговая сварка, флюс, углеродфторсодержащая добавка, сварной шов.

THE INFLUENCE OF FLUX AN-60 WITH CARBON-FLUORINE ADDITIVE ON THE QUALITY OF WELD STEEL 09G2S

Abstract. The work shows the possibility of reducing the oxygen content in the welds by automatic arc welding flux with the introduction of carbon-fluorine containing supplements, thus reducing the content of nonmetallic inclusions, and increased mechanical properties and impact strength (especially at low temperatures) of welds. It was determined that the introduction of the carbon-fluorine content into the flux AN-60 in amounts of less than 6 % when welding low-alloy steel does not exceed the allowable values, and no significant effect on the hardness of the metal.

Keywords: arc welding, flux, carbon-fluorine content, weld seam.

Снизить содержание неметаллических включений в металле сварных швов при автоматической сварке под флюсом можно применением слабоокислительных

Выводы. Разработана методика калибровки валков шаропрокатного стана на примере прокатки шара diam. 125 мм. Проведен расчет размеров заготовки, приведены исходные размеры реборды валка и перемычки. Все эти данные служат для дальнейшего расчета калибровки. Окончательный расчет калибровки валков будет изложен в следующей работе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прокатное производство. Справочник. Т. 2. / Под ред. Е.С. Рокотяна. – М.: Металлургиздат, 1962. – 315 с.
2. Специальные прокатные станы / А.И. Целиков, М.В. Барбарин, М.В. Васильчиков и др. – М.: Металлургия, 1971. – 336 с.
3. Поперечная прокатка в машиностроении / В.С. Смирнов, В.П. Анисифоров, М.В. Васильчиков и др. – М.: Машгиз, 1957. – 376 с.
4. Шор Э.Р. Новые процессы прокатки. – М.: Металлургиздат, 1960. – 386 с.
5. Грановский С.П. Новые процессы и станы для прокатки изделий в винтовых калибрах. – М.: Металлургия, 1980. – 116 с.

© 2013 г. *В.Н. Перетятыко, А.С. Климов,
М.В. Филиппова*
Поступила 3 декабря 2012 г.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации госзаказа 7.5021.2011.

флюсов, однако такие флюсы имеют неудовлетворительные сварочно-технологические свойства и редко применяются при сварке низколегированных сталей. При использовании окислительных флюсов металл шва насыщается кислородом за счет кремне- и марганцевостановительных процессов. В связи с этим повышается