

прокатки дефекты (рис. 4, б). Объяснением этому факту служит то, что продольные растягивающие напряжения на ребрах заготовок имеют наибольшую величину.

Выводы. Наиболее благоприятные условия для выработки поверхностных дефектов на квадратной заготовке создаются при использовании ромбических калибров, а наихудшие результаты с точки зрения выкатываемости дефектов в процессе прокатки получены при деформации в овальных калибрах. Зависимость интенсивности выработки поверхностных дефектов от коэффициента вытяжки имеет ярко выраженный нелинейный характер для всех используемых калибров, что связано с изменением соотношения глубины проникновения деформации в образец с глубиной залегания дефекта. Месторасположение дефектов оказывает значительное влияние на коэффициент их выработки при деформации. Коэффициент выработки дефектов зависит от их ориентации относительно направления прокатки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зильберг Ю.В., Ревякин С.В. // Металлургическая и горнорудная промышленность. 1996. № 8. С. 23 – 25.

2. Зильберг Ю.В., Родман М.М., Ревякин С.В., Боровенский Е.А. // Сталь. 1991. № 10. С. 33 – 36.
3. Уткин Г.С., Резвов Б.С., Храмцов В.В. и др. // Производство проката. 2004. № 4. С. 18 – 22.
4. Асанов В.Н., Стеблов А.Б., Тулупов О.Н., Ленартович Д.В. // Сталь. 2008. № 11. С. 90, 91.
5. Перетяtko В.Н., Рогов Ю.Е., Журавлев Б.К., Нефедов В.М. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2011. № 2. С. 26 – 29.
6. Егоров В.Д., Тимофеев В.В., Зудов Е.Г. и др. // Сталь. 1995. № 1. С. 32 – 34.
7. Теория прокатки крупных слитков / А.П. Чекмарев, В.Л. Павлов, В.И. Мелешко, В.А. Токарев. – М.: Металлургия, 1968. – 252 с.
8. Мартыанов Ю.А., Кадыков В.Н., Уманский А.А. – В кн.: Металлургия: Технологии, управление, инновации, качество. Сб. тр. всерос. научно-практич. конф. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2010. С. 69 – 73.
9. Кадыков В.Н., Мартыанов Ю.А., Уманский А.А. // Вестник горно-металлургической секции российской академии естественных наук. Отделение металлургии. 2011. Вып. 27. С. 132 – 136.

© 2013 г. В.Н. Кадыков, А.А. Уманский,
Ю.А. Мартыанов
Поступила 23 ноября 2012 г.

УДК 669.162:669.046.516

А.Ф. Шевченко, И.А. Маначин

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова (г. Днепропетровск)

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖФАЗНОЙ РЕАКЦИОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПАРАМЕТРАМИ ВДУВАЕМЫХ ПОТОКОВ ПРИ КОВШОВОМ РАФИНИРОВАНИИ ЧУГУНА

Аннотация. Обоснованы основные условия диспергирования и деления вдуваемых двухфазных магнийсодержащих потоков в железоуглеродистые расплавы. Показано, что за счет гидроаэродинамических режимов и условий инжектирования двухфазных потоков величина межфазной массообменной поверхности в расплаве может быть увеличена на 40 – 50 %. Обоснованы условия вдувания магния в расплав через многосопловые фурмы с обеспечением лучшего его усвоения и увеличения интенсивности подачи магния в расплав.

Ключевые слова: магний, чугун, десульфурация, инжектирование, погружаемые фурмы.

THE RELATIONSHIP OF INTERPHASE INNER SURFACE WITH THE PARAMETERS OF THE ISSUED STREAMS IN LADLE REFINING OF IRON

Abstract. Justified by the basic conditions of dispersion and division of injected two-phase flows in magnesium iron melts. It is shown that due to hydroaero modes and conditions of two-phase flow injection quantity of the interphase mass transfer surface of the melt can be increased by 40 – 50 %. Substantiates injection of magnesium in hot metal a lance with a lot of nozzles providing a better learning and increase its flow rate of magnesium in the melt.

Keywords: magnesium, iron, desulphurization, injection, immersion lance.

Практически все процессы инжекционного ковшового рафинирования железоуглеродистых расплавов связаны с созданием в жидкой ванне развитой и активной тепло- и массообменной зоны, в объеме которой образуются и всплывают пузыри, а также различного

типоразмера газовые полости, содержащие инжектирующий газ и частицы рафинирующего реагента. На поверхности этих газовых полостей и в приграничной зоне расплава протекает комплекс физико-химических процессов, обеспечивающих его рафинирование.

Поэтому создание наиболее развитой реакционной поверхности способствует увеличению степени усвоения вдуваемых реагентов и скорости их взаимодействия с расплавом, что в свою очередь приводит к возможности увеличения интенсивности вдувания реагентов и сокращения продолжительности цикла операции рафинирования чугуна при обеспечении высокой степени усвоения вводимых веществ.

Одним из весьма перспективных путей увеличения тепло- и массообменной поверхности в расплаве является максимальное рассредоточение и диспергирование вдуваемых двухфазных потоков. Особенно это актуально при внепечной десульфурации чугуна с использованием магнийсодержащих реагентов, так как увеличение интенсивности ввода магния при обеспечении высокой степени его усвоения позволяет реализовать рациональный процесс рафинирования нового научно-технического уровня с широкими технологическими возможностями.

Наиболее распространенными в настоящее время процессами внепечной обработки чугуна являются технологические процессы вдувания зернистого (гранулированного) магния без разубоживающих добавок, а также продувка чугуна смесями на основе порошкового (или зернистого) магния и высококачественной молотой извести [1–3]. При вдувании порошковых магнийсодержащих смесей диспергирование двухфазного потока пытаются осуществить вдуванием через двухсопловые (Т-образные) или другого типа многосопловые фурмы [2]. Однако этот опыт нельзя признать удовлетворительным, так как фурмы на выходе закупориваются и «забиваются», они неуправляемо превращаются в односопловые, а неудовлетворительное и ненадежное дробление двухфазного потока ограничивает практическую интенсивность вдувания магния пределами 9–12 кг/мин. Приведенные отрицательные результаты вдувания магния, входящие в состав порошковых смесей, через многосопловые фурмы обусловлены нерациональностью параметров вдуваемых двухфазных порошкосодержащих потоков, их пульсацией и нестабильностью течений, а также другими параметрами инжектирования.

При анализе изложенной ситуации авторы настоящей работы и сотрудники Института черной металлургии (ИЧМ) пришли к выводу, что основной причиной ограничения интенсивности ввода магния в расплав является неудовлетворительное распределение вдуваемых магнийсодержащих порошков в тепло- и массообменной зонах, что сопровождается весьма локализованным парообразованием магния с последующим повышением бурности процесса обработки чугуна. Для устранения указанных недостатков (для повышения интенсивности ввода магния) американская фирма ESM была вынуждена реализовать [2, 4] вдувание магний-известковых порошковых смесей двумя независимыми инжекционными системами через две фурмы

(рис. 1, а). Основные параметры этой инжекционной обработки следующие: система вдувания – две установки (на 1 ковш); содержание магния в смеси до 25 %; интенсивность вдувания магния 14–24 кг/мин; продолжительность операции вдувания 6–13 мин; расход вдуваемого азота 120–160 м³/ч; степень усвоения магния 30–40 %.

Анализ промышленного применения приведенного технического решения показал следующие его недостатки: высокие капитальные и эксплуатационные затраты; ограниченность в возможности применения; невысокая степень усвоения реагентов; значительная себестоимость обработки чугуна.

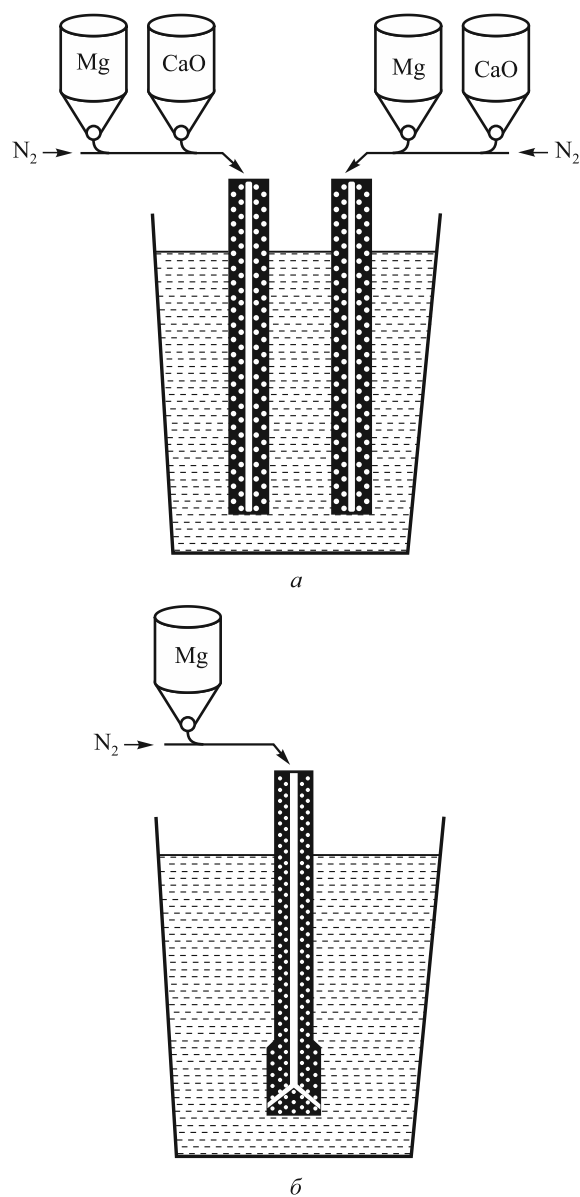


Рис. 1. Принципиальная схема рассредоточенного вдувания смеси магния с известью при помощи одновременной подачи реагентов через две индивидуальные инжекционные установки (а) и намеченное общее принципиальное решение обеспечения диспергированного вдувания зернистого или гранулированного магния в ковши с жидким чугуном при повышенной интенсивности подачи магния (б)

С учетом изложенного ИЧМ НАН Украины был предложен новый подход, а также сформулирована концепция в решении задач интенсификации процесса ввода магния в ковш с жидким чугуном. Основные составляющие этой концепции включают следующие положения:

- рассредоточение частиц магния равномерно по сечению канала в период подготовки двухфазного потока к вдуванию;
- исключение пульсаций в магниепроводе;
- подготовка и деление единого потока перед истечением из фурмы на несколько равных;
- применение магния без пылевидных фракций и добавок;
- максимальное рассредоточение и диспергирование вдуваемого двухфазного потока в зоне истечения его в расплав и в прифурменной зоне.

Реализация процесса в основе включала специальные режимы дозирования магния, применение зернистого (0,4 – 1,6 мм) магния, специальные режимы разгона потока и подготовки к вдуванию, специальные условия деления потока и вдувание его в расплав через погружаемую фурму с многосопловым оголовком (рис. 1, б).

Отработку режимов и условий вдувания магния осуществляли на холодных физических и опытных моделях, в том числе на лабораторной установке с кино съемкой, замером процессов и параметров вдувания, барботирования жидкой ванны (рис. 2), а также последующей компьютерной обработкой материалов исследований [5].

При изучении на лабораторной и опытно-промышленной установке инъекционной подачи магния было

установлено, что при скорости потока выше расчетной (для устойчивого вдувания) частицы магния равномерно распределяются по сечению канала, что создает благоприятные предпосылки для деления потока на несколько равноценных. При концентрации магния около 8 кг/м³ (или около 30 кг/м³) и скорости потока более 90 м/с практически не наблюдается пульсаций потока, а по своим свойствам двухфазный поток азота с зернистым магнием приближается к газовому потоку, способному делиться на несколько.

При вдувании потока в жидкую ванну в зоне истечения и в прифурменной зоне ванны образуется тепло- и массообменная барботирующая зона. Выполненные замеры (при варьировании расхода газа, диаметра сопла и угла истечения струи в ванну) показали, что при прочих равных условиях величина суммарной поверхности газовых полостей в ванне зависит от угла α отклонения вдуваемого потока от вертикальной оси (рис. 3). Наиболее высокие значения условной поверхности создаются при вдувании потока под углом 45°. Эта закономерность установлена при продувках одноканальной фурмой.

При вдувании потока через двухсопловую фурму условная межфазная поверхность P_r , так же как при продувках через одноканальную фурму увеличивается с повышением расхода инжектирующего газа (рис. 4), но в большей степени, чем при одноканальной фурме, что обусловлено большими абсолютными значениями поверхности образующейся парогазовой среды при использовании двухсопловой фурмы. Последний факт свидетельствует о том, что в случае использования многосопловой (в частности двухсопловой) фурмы при всех прочих равных условиях и расходах (объеме) V_r вдувания газа происходит большее диспергирование

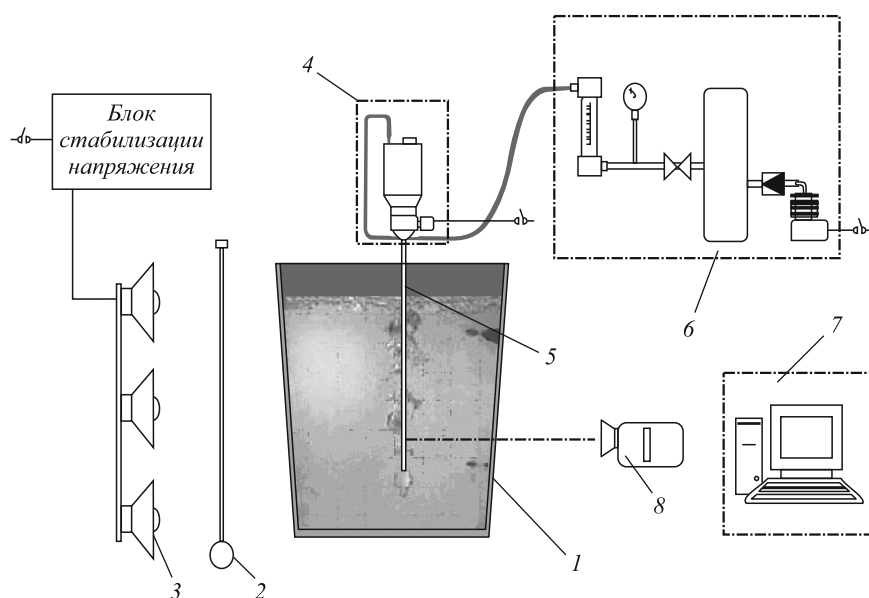


Рис. 2. Схема лабораторной установки для холодного моделирования процесса вдувания газовых и двухфазных потоков в жидкую ванну: 1 – прозрачная модель заливочного ковша; 2 – светорассеивающий экран; 3 – система подсветки; 4 – дозирующее устройство для твердой фазы; 5 – фурменное устройство; 6 – блок управляемой подачи сжатого газа; 7 – персональный компьютер для обработки видеоматериала; 8 – цифровая видеокамера

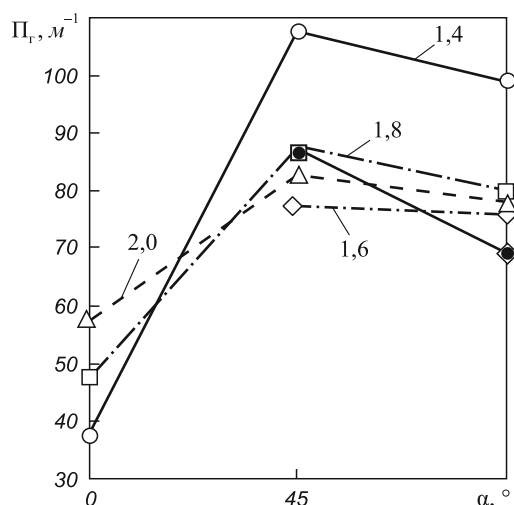


Рис. 3. Изменение условной поверхности газовых полостей в жидкой ванне при различных углах отклонения канала односопловой фурмы (в оголовке) от вертикальной оси при $V_r = 1,3 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Цифры у линий – диаметр канала, мм:

○, ◇, △, ● – фактические значения P_r при различных параметрах;
□ – средние значения P_r по серии экспериментов

парогазовой фазы, что сопровождается увеличением условной поверхности в ванне на $35 - 45 \text{ м}^{-1}$ или, судя по изменению фактических значений условной поверхности (рис. 4) – на $40 - 50 \%$. Следовательно, вдувание парогазовых сред в жидкую ванну через многосопловые фурмы способствует большему диспергированию и дроблению газовой фазы с образованием более развитой (на $40 - 50 \%$) межфазной поверхности.

В случае вдувания зернистого магния через многосопловую фурму процесс сопровождается образованием в жидкой ванне на $40 - 50 \%$ более развитой поверхности, что способствует ускорению тепло- и массообменных процессов между жидким чугуном и парообразной магнией-газовой средой. Изложенное является благоприятной предпосылкой для повышения эффективности усвоения магния и увеличения интенсивности его вдувания при использовании многосопловых фурм.

Сопоставление величин суммарной условной поверхности газовых полостей в жидкой ванне (рис. 5) подтверждает, что абсолютные значения P_r при двухсопловой фурме в среднем на 40 м^{-1} или на $45 - 50 \%$ больше чем при односопловой фурме. На двухсопловой фурме так же как и на одноканальной большее диспергирование достигается при угле отгиба сопел на $45 - 60^\circ$ от вертикальной оси.

Таким образом, экспериментально показано, что при прочих равных условиях вдувание двухфазных потоков через многосопловую (в частности, через двухсопловую) фурму сопровождается большим диспергированием парогазовой среды с образованием более развитой тепло- и массообменной поверхности в рафинируемой ванне. Последнее является научной основой для организации процесса вдувания диспергированного магния через многосопловые фурмы, которые должны обеспе-

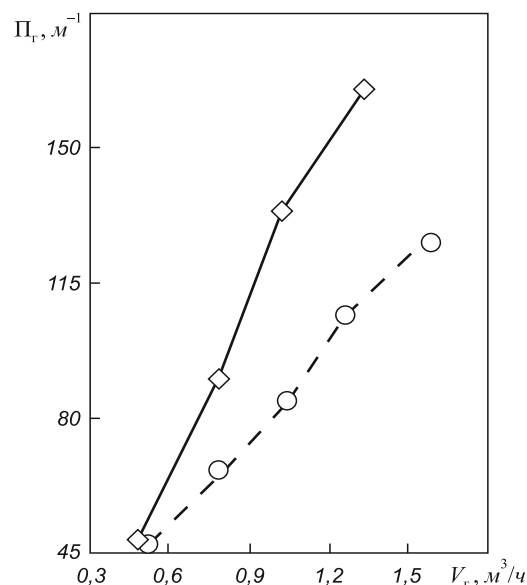


Рис. 4. Зависимость условной межфазной поверхности пузырей газа в ванне от значений V_r при вдувании через двухсопловую фурму с диаметром сопел $1,0 \text{ мм}$ (—) и эквивалентную ей односопловую фурму с диаметром канала $1,4 \text{ мм}$ (---), $\alpha = 45^\circ$

чивать более высокое усвоение магния и увеличение интенсивности его вдувания в ковши с жидким чугуном.

На основании проведенных исследований сформулированы исходные данные для промышленной технологии и конструкции погружаемых двухсопловых фурм вдувания зернистого магния в ковши с жидким чугуном.

Выводы. Исследованиями на холодных физических моделях показано, что в случае вдувания зернистого

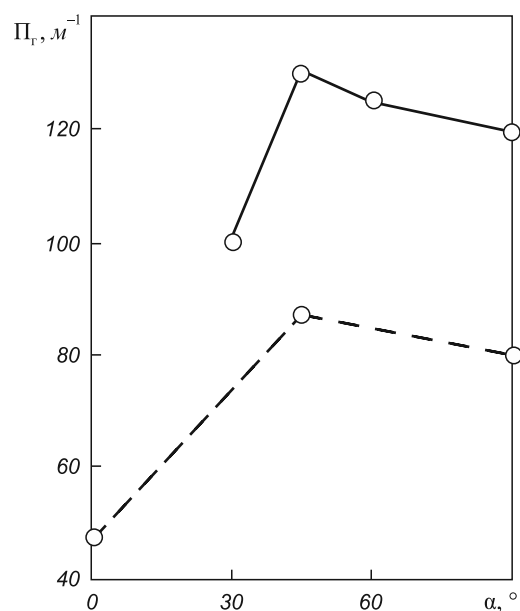


Рис. 5. Изменение условной межфазной поверхности газовых полостей в жидкой (вода) ванне при варьировании угла отклонения канала сопел фурмы от вертикальной оси при $V_r = 1,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ и диаметре каналов фурм $1,4 - 2,0 \text{ мм}$:
— и --- вдувание односопловой и двухсопловой погружаемыми фурмами

магния имеются условия и предпосылки для диспергирования и деления двухфазных магнийсодержащих потоков на несколько равных с последующим диспергированием их в жидкой ванне после истечения из канала фурмы. Этот процесс сопровождается увеличением межфазной поверхности на 40–50 %, образующейся в ванне, что в случае вдувания зернистого магния определяет благоприятные предпосылки для увеличения степени его усвоения и возможности увеличения интенсивности ввода этого вещества в жидкий чугун. Реализация рекомендуемого процесса включает вдувание зернистого магния через двухсопловые и многосопловые погружаемые фурмы с отклонением сопел на выходе на 45–60° от вертикальной оси. По результатам исследований на моделях сформированы исходные условия для технологии и устройств вдувания магния в чугун через многосопловые фурмы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шевченко А.Ф., Большаков В.И., Башмаков А.М. Технология и оборудование десульфурации чугуна магнием в большегрузных ковшах. – Киев: Наукова думка, 2011. – 207 с.
2. Сб. докладов. Галати IX Международного симпозиума по десульфурации чугуна и стали. – Румыния: Изд-во «ALMAMET» (Германия), 2006. – 91 с.
3. Большаков В.И., Шевченко А.Ф., Лю Дун Ие и др. // Сталь. 2009. № 4. С. 13–20.
4. Степанов А.А., Ламухин А.М., Зинченко С.Д. и др. – В кн: Сб. докладов VII Международного симпозиума по десульфурации чугуна и стали. – Нижний Тагил: Изд-во «ALMAMET» (Германия), 2004. С. 83–87.
5. Рузова Т.А., Толстопят А.П., Шевченко А.Ф. и др. // Науковий вісник НГУ. Енергетика та автоматизація виробничих процесів. 2007. № 12. С. 91–99.

© 2013 г. А.Ф. Шевченко, И.А. Маначин

Поступила 27 марта 2012 г.

УДК 621.771

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

Сибирский государственный индустриальный университет

КАЛИБРОВКА ВАЛКОВ ШАРОПРОКАТНОГО СТАНА. СООБЩЕНИЕ 2

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 валков, очаг деформации.

ROLL PASS DESIGN OF A BALL-ROLLING MILL. PART 2

Abstract. In making balls for ball mills the metal is deformed in rolling balls in rolls with helical pass grooves. Insofar as the character of the deformation is concerned, the pass 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 calculation roll pass design for rolling of balls. Calculation is made for rolling of ball of 125 mm. Initial data for ball-rolling mill design are given.

Keywords: rolling of balls, roll pass, deformation zone.

В предыдущей работе приведены исходные данные для калибровки и рассчитаны предварительные размеры калибров. В настоящем исследовании продолжено изложение методики калибровки валков шаропрокатного стана для прокатки шара диам. 125 мм. Для этого определяем основной шаг $T_{осн}$ нарезки реборды:

$$\frac{T_{осн}}{Z} = 2C_{отр} + a_{отр}, \quad (1)$$

где Z – число заходов реборды валка (для однозаходной калибровки $Z = 1$); $C_{отр}$ – ширина сферического участка

калибра перед отрезкой; $a_{отр}$ – ширина реборды перед отрезкой.

Для калибровки шара диам. 125 мм имеем общую длину калибра $\alpha_{отр} = 1260^\circ$, длину формирующего участка $\alpha_{\phi} = 540^\circ$ и отделочного участка $\alpha_{отд} = 720^\circ$, радиус калибра $R_k = 62,6$ мм, $a_{отр} = 11,4$ мм, $C_{отр} = C_{\alpha} = 810^\circ = 61,41$ мм. В результате находим $T_{осн} = 2 \cdot 61,41 + 11,4 = 134,22$ мм.

Нарезка калибров в нашем случае производится на токарно-винторезном станке модели 165 (или модели РТ 911Ф). Расчетный основной шаг нарезки реборды невозможно получить на таком станке, поэтому мето-