

УДК 621.744.3:621.771.07.001.73

Хитько А. Ю., Иванова Л. Х., Шапран Л. А., Хитько М. Н.

ВНУТРИФОРМЕННОЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ОСЕВОЙ ЗОНЫ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

Работа прокатных валков в значительной степени связана с высокими знакопеременными нагрузками, воспринимаемыми в основном осевой зоной валка. При этом требуется значительная твердость поверхности бочки, необходимая для высокого качества продукции, ее конкурентоспособности, снижению затрат материалов, электроэнергии, значительному сокращению брака прокатных валков. В связи с этим ставится противоречивая задача обеспечения пластичности осевой зоны валка, сохраняя высокую твердость бочки в пределах 50–70 HSD. Эта задача реализуется применением половинчатых чугунов, обеспечивающих высокое содержание карбидов в поверхностном слое и пластинчатую, вермикулярную или шаровидную форму графита в осевой зоне валка.

Для воздействия на структуру будущей отливки широко применяются методы модифицирования чугуновых расплавов. Однако многие из них предполагают большой перерасход жидкого металла, усложнение технологии и требуют применения дополнительных дорогостоящих материалов.

Известен способ изготовления двухслойных валков методом промывки [1]. Этот способ позволяет изготавливать прокатные валки с рабочим слоем из белого чугуна с высокой износостойкостью и довольно прочной сердцевиной из серого или модифицированного чугуна. Форма для отливки двухслойных валков отличается тем, что на 1/3 высоты верхней шейки выполняется промывочная летка. Вначале в форму заливают легированный чугун до уровня промывочной летки и осуществляют выдержку в течение 30–140 сек. для затвердевания рабочего слоя. Во время выдержки в форму несколько раз доливают расплав для предотвращения затвердевания металла в литниковой системе, затем осуществляют промывку: в форму заливают серый или модифицированный чугун, а из промывочной летки сливают разбавленный среднелегированный чугун, который образуется в результате смешивания легированного и промывочного. Количество чугуна для промывки составляет 30–50 % от массы валка. По окончании промывки сливную летку забивают, после чего заполняется верхняя шейка и прибыль валка.

Описаны также способы, позволяющие снизить расход металла на промывку, отличающиеся тем, что сливная летка в форме не выполняется и чугун не сливается из формы. После выдержки форму доливают чугуном либо того же химического состава, но добавляя в струю металла модификатор, либо чугуном с повышенным содержанием кремния и углерода.

В литературе встречаются различные варианты ведения промывки. Например, металл сердцевины удаляется не через сливную летку, а через шибер расположенный внизу формы. После удаления металла из осевой зоны шибер закрывают и через сифонный литник заливают металл другого химического состава для формирования осевой зоны валка [2].

В последние годы технологические приемы активного воздействия на процессы затвердевания расплава успешно реализуются на основе внутриформенного модифицирования чугуна твердыми присадками [3, 4]. Одним из основных факторов воздействия на количество и форму графитных включений, в медленно затвердевающих частях отливки, является дифференцированное модифицирование чугуна в сердцевине валка.

В современных условиях, когда одним из приоритетных направлений развития литейного производства становится снижение себестоимости продукции, способы, связанные с большим перерасходом жидкого металла или дорогих модифицирующих и легирующих компонентов, находят все более ограниченное применение. Значительный интерес представляют

технологии, не требующие перерасхода материалов наряду с высоким качеством продукции. В этой связи, безусловно, актуальным становится дифференцированное модифицирование прокатных валков в стационарной литейной форме. Причем для проведения модифицирования не требуется применение дополнительного оборудования, изменение конструкции литейной формы, увеличение затрат труда.

Целью работы является изучение процесса внутриформенного дифференцированного модифицирования осевой зоны прокатных валков.

Для реализации процесса модифицирования необходимо введение модификатора в осевую зону затвердевающей отливки, причем на самых поздних стадиях, следующих за формированием наружной – рабочей поверхности бочки из чугуна базового состава. Такой ход технологического процесса требует применения специальных устройств ввода модификатора, а также выдвигает специальные требования к составу, свойствам и стоимости модификатора.

Процесс модифицирования чугунных прокатных валков в литейной форме относится к процессам позднего модифицирования расплавов, что благоприятно сказывается на расходе модификаторов, но и выдвигает ряд специальных требований к устройствам ввода последних.

Представленные ниже схемы модифицирования основаны на эффекте всплытия более легкого и легкоплавкого модификатора в столбе обрабатываемого расплава.

Известен способ внутриформенного модифицирования [5], отличающийся тем, что заливаемый металл последовательно проходит все каналы литниковой системы, в том числе и реакционную камеру, а затем попадает в полость формы. Именно наличие реакционной камеры не дает возможности дифференцированно воздействовать на структуру разных частей отливки, потому что, проходя через реакционную камеру, весь расплав подвергается одинаковой модифицирующей обработке.

В случае внутриформенной обработки при производстве прокатных валков ставится задача снижения содержания карбидов только в осевой зоне отливки, сохраняя неизменно высокую твердость рабочего слоя валка.

Для решения этой задачи были разработаны способы раздельной обработки расплава осевой зоны и рабочего слоя валка.

По результатам анализа температурно-временных параметров затвердевания прокатных валков [6], что согласуется с результатами расчета с помощью разработанной нами математической модели процесса затвердевания отливки, её осевая зона долгое время сохраняет высокую температуру и остается в жидком состоянии. Так в работе [7] было показано, что валок диаметром 450 мм, отливаемый в комбинированную стационарную форму, затвердевает в течение 65...70 мин. Этого времени достаточно, чтобы сформировался рабочий слой отливки из чугуна базового состава, а затем, в отличие от способа промывки или полупромывки, чугун базового состава прямо в литейной форме подвергается модифицированию и уже кристаллизуется преимущественно как серый чугун.

В ходе реализации предложенной технологии очевидны экономия промывного металла, упрощение литейной оснастки и снижение трудоемкости процесса. Исключен такой лимитирующий фактор процесса промывки, как «перемерзание» литника.

Для реализации технологии модифицирования сердцевин прокатного валка, которая находится в жидком состоянии, использовали два варианта [8]: первый из них предполагает работу автоматического устройства, расположенного в полости будущей отливки; второй – основывался на вводе твердого модификатора на штанге в строго определенный момент.

На рис. 1 представлена собранная форма с устройством автоматического ввода модификатора. Устройство представляет собой трубу диаметром 76 мм, в которой просверлены 4 отверстия диаметром 6 мм. Устройство работает следующим образом: после заполнения

литейной формы жидким металлом сначала формируется рабочий слой валка, а в это время твердый модификатор, находящийся в стакане 5 (см. рис. 1), начинает плавиться. Время от окончания заливки литейной формы и до начала истечения расплавленного модификатора необходимо для формирования рабочего слоя отливки.

Преимуществом представленной схемы модифицирования является высокая технологичность и низкая трудоемкость процесса. Модифицирующее устройство устанавливается во время сборки литейной формы, а далее оно работает автономно. Однако сложность этого технологического процесса связана с установлением временного интервала, связанного с моментом расплавления модификатора и его всплытия через осевую зону в прибыль.

К автоматически срабатывающим можно отнести устройства, представленные на рис. 2. Общим требованием к автоматическим устройствам является малая зависимость фактора, определяющего время срабатывания устройства, от колебания температуры в валковом расплаве.

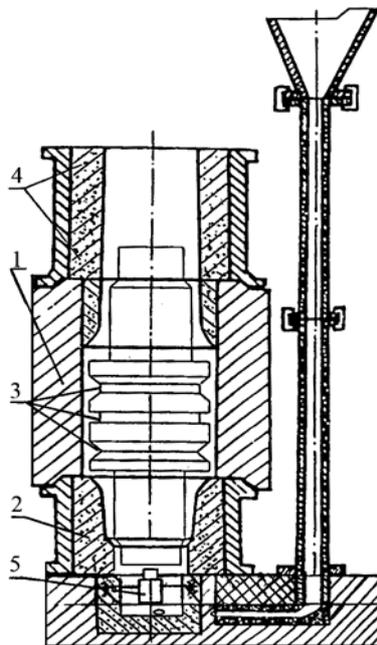


Рис. 1. Литейная форма прокатного валка с устройством для модифицирования:
1 – кокильная часть; 2 – форма нижней шейки; 3 – бочка; 4 – форма верхней шейки и прибыли; 5 – устройство для модифицирования

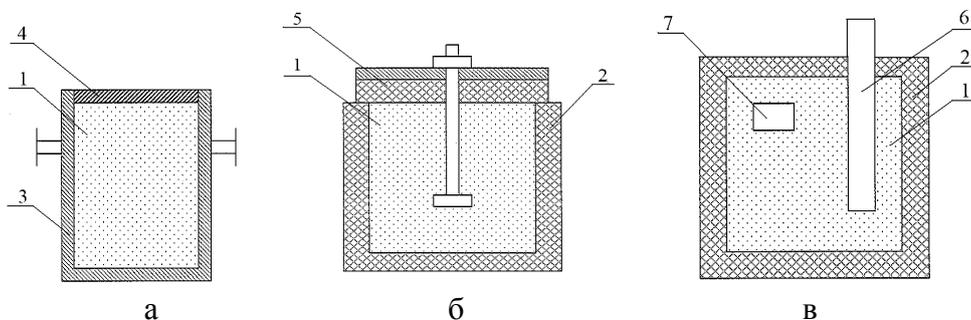


Рис. 2. Принципиальные схемы устройств для ввода модификаторов:
а – с расплавляющейся пластиной; б – со всплывающим поплавком; в – с сифонным способом истечения модификатора; 1 – легкоплавкий модификатор; 2 – корпус с теплоизоляцией; 3 – корпус; 4 – расплавляющаяся пластина; 5 – всплывающая пробка; 6 – сифонная трубка; 7 – газотворное вещество

Так на рис. 2, а представлена схема устройства представляющая собой закрытый цилиндрический сосуд с расплавляющейся стальной перегородкой, отделяющей расплав от легкоплавкого модификатора [9]. В ходе изучения подобных устройств нами было установлено, что лимитирующим фактором процесса растворения перегородки является диффузионный перенос атомов углерода в поверхностные слои стальной пластины. Это подтверждается и исследованиями, приведенными в [10], диффузионный же процесс сильно зависит от температуры расплава и в результате время срабатывания устройства ввода может изменяться в несколько раз. Это обстоятельство делает весьма затруднительным применение подобного рода устройств, в случае модифицирования прокатных валков, когда временем срабатывания устройства определяется толщина рабочего слоя валка.

На рис. 2, б приведена схема устройства с открывающейся крышкой-поплавком. Управление временем срабатывания данного устройства осуществляется изменением теплового сопротивления поплавок методом подбора толщины теплоизоляционной прокладки.

Работает устройство следующим образом: в форму нижней шейки валка вставляется устройство, как показано на рис. 1, после заполнения полости формы металлом тепло передается через теплоизолирующую прокладку модификатору, последний расплавляется и прекращает удерживать шток поплавок, поплавок освобождается и, всплывая, на величину хода штока, открывает выход модификатора в расплав.

На рис. 2, в представлена схема устройства с сифонной трубкой. Работа устройства основана на том, что после расплавления и небольшого перегрева модификатора закипает газотворное вещество (цинк или магний) и его пары через сифон выдавливают расплавленный модификатор в полость литейной формы.

Нужно отметить, что работа приведенных устройств сильно зависит от температуры расплава в осевой зоне отливки до и в момент срабатывания устройства, а температура расплава изменяется в широких пределах, не позволяя добиться стабильной работы устройств ввода, а значит и получения стабильного качества рабочего слоя. Эти и другие причины заставляют искать конструкции устройств работающих стабильно и независимо от температуры или допускающие непосредственное управление модифицированием затвердевающей отливки.

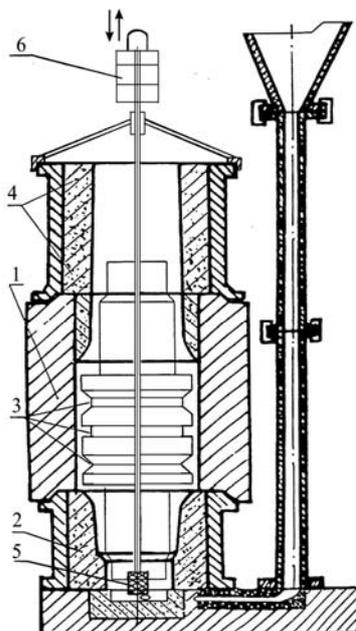


Рис. 3. Литейная форма прокатного валка:

1 – кокильная часть; 2 – форма нижней шейки; 3 – бочка; 4 – форма верхней шейки и прибыли; 5 – груз; 6 – штанга с устройством для модифицирования модификатора на штанге

Вторым вариантом реализации процесса дифференцированного внутриформенного модифицирования является схема, представленная на рис. 3. Процесс осуществляется следующим образом: после окончания заливки производится выдержка расплава в литейной форме, необходимая для образования рабочего слоя отливки, затем твердый и легкоплавкий принудительно опускается в нижнюю шейку, где происходит расплавление и усвоение модификатора.

Штанга извлекается, а модификатор, имеющий меньшую плотность, всплывая, продолжает взаимодействовать с расплавом осевой зоны вала. В результате чугун осевой зоны вала кристаллизуется серым.

Говоря о реализации второго варианта подхода, речь не идет только о принудительном вводе модификатора на штанге, это может быть и стробоскопический метод, и ввод измельченного порошкообразного модификатора в потоке инертного газа во время продувки осевой зоны вала. Главной и отличительной особенностью этих методов является возможность строгой выдержки расплава до момента начала модифицирования, во время которой формируется бочка вала.

ВЫВОДЫ

1. Разработана конструкция устройства и технология графитизирующего модифицирования осевой зоны кристаллизующегося вала в литейной форме.

2. Проведенный сопоставительный анализ двух технологических процессов графитизирующего модифицирования осевой зоны валков показал, что наилучшие результаты были получены при обработке расплава модификатором с принудительным вводом его на штанге. В ходе реализации предложенной технологии, когда модифицированию подвергается только осевая зона вала, очевидна экономия модификатора, электроэнергии, снижение брака и соответственно снижение себестоимости вала, повышение его технико-эксплуатационных свойств, как следствие – повышение конкурентоспособности продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривошеев А. Е. Литые валки / А. Е. Кривошеев. – М. : Металлургиздат, 1957. – 360 с.
2. Способ литья чугунных валков и устройство для осуществления способа. Франция, заявка № 2225238.
3. Рыжиков А. А. Расчет и применение суспензионной заливки / А. А. Рыжиков, И. В. Гаврилин // Литейное производство. – 1970. – № 8. – С. 11–13.
4. Косячков В. А. Особенности технологии получения высокопрочного чугуна модифицированием в литейной форме / В. А. Косячков, К. И. Ващенко // Литейное производство. – 1975. – № 12. – С. 11–12.
5. А. с. 692857 СССР, МКИ2 С 21 С 1/00. Графитизирующий модификатор для обработки серого и высокопрочного чугуна / Н. И. Кобелев, И. А. Дибров, А. В. Козлов, Т. З. Наджмудинов, Б. Л. Постыляков (СССР). – 2509865/22-02 ; заявл. 15.07.77 ; опубл. 25.10.79, Бюл. № 39.
6. Хрычиков В. Е. Теплофизические процессы направленного затвердевания чугунных прокатных валков : дис. д-ра техн. наук : 05.16.04 / Хрычиков Валерий Евгеньевич. – Д., 1993. – 448 с.
7. Комбинированный электродуговой-электрошлаковый обогрев прибылей чугунных прокатных валков / В. Е. Хрычиков, Н. А. Будагьянц, В. В. Камкин [и др.] // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2001. – № 2 – С. 38–43.
8. Соценко О. В. Методы внутриформенного модифицирования чугуна при литье прокатных валков / О. В. Соценко, А. Ю. Хитько // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2003. – № 4. – С. 41–44.
9. Хрычиков В. Е. Внутриформенное модифицирование чугуна прокатных валков / В. Е. Хрычиков, Хитько А. Ю. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2004. – № 1. – С. 73–76.
10. Котешов Н. П. О растворении низкоуглеродистой твердой фазы в высокоуглеродистом расплаве / Н. П. Котешов, В. И. Мовчан // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1979. – № 10. – С. 47–51.