

1 А.В. Каляскин¹, главный инженер-металлург,
2 И.В. Бакин¹, начальник отдела научно-технического развития,
3 Б.А. Кулаков², доктор технических наук, профессор, А.А. Токарев¹, директор

4 ¹ ООО «ЦИР «НПП»,

5 ² ФГАОУ ВО «ЮУрГУ»

6 **Повышение эффективности обработки** 7 **железоуглеродистых расплавов** 8 **порошковой проволокой**

13 Рассмотрены особенности технологии внепечной
14 обработки чугуна и стали порошковой проволокой.
15 Приведены параметры, влияющие на усвоение
16 магния из наполнителя порошковой проволоки.
17 Приведены рекомендации по увеличению эффек-
18 тивности модифицирования порошковой прово-
19 локкой.

18 **Ключевые слова:** модификатор, магний, наполни-
19 тель порошковой проволоки, высокопрочный чу-
20 гун, сфероидизирующая обработка, графитизиру-
21 ющая обработка, окисленность сплава.

22 The features of the technology of out-of-furnace pro-
23 cessing of cast iron and steel with powder wire are
24 considered. The parameters affecting the absorption
25 of magnesium from the filler of the powder wire are
26 given. Recommendations for increasing the efficiency
27 of modification with a powder wire are given.

26 **Keywords:** modifier, magnesium, powder wire filler,
27 high-strength cast iron, spheroidizing treatment, gra-
28 phitizing treatment, alloy oxidation.

28 Одним из параметров, определяющих эф-
29 фективность модифицирующей обработки
30 расплава при получении отливок из высоко-
31 прочного чугуна, является степень усвоения
32 активных элементов, в частности магния рас-
33 плавом [1–3]. На степень усвоения магния
34 могут влиять такие факторы, как температура
35 обработки металла, его химический состав,
36 окисленность, и т.д. Помимо этого, степень
37 усвоения зависит от технологии введения
38 магния в расплав чугуна [1, 2, 4].

38 На литейных предприятиях с объемом
39 обрабатываемого жидкого металла более
40 1-й тонны может успешно применяется ме-
41 тод внепечной обработки жидкого металла
42 порошковой проволокой [1, 2, 5]. В зависи-
43 мости от задачи внепечной обработки чугу-
44 на, технологических особенностей и условий

производства индивидуально подбирается со-
став наполнителя порошковой проволоки с
различными концентрациями магния и дру-
гих активных элементов. Наполнитель может
быть однокомпонентным (т.е. состоять из
одного модификатора) или многокомпонент-
ным (иметь в составе более одного модифи-
катора, пассиватор и др. химически активные
добавки), может быть плавленным или смесе-
вым и т.д.

Технология внепечной обработки чугуна
порошковой проволокой имеет ряд особен-
ностей.

Согласно литературным данным, темпера-
тура кипения магния составляет 1107 °С [2], а
давление его паров значительно превосходит
внешнее давление, и составляет при темпера-
турах 1250...1450 °С порядка 2,91...9,21 атм.
соответственно [6]. Введение сфероидизи-
рующего модификатора в жидкий чугун со-
провождается интенсивным испарением маг-
ния. Одним из контролируемых параметров и
косвенных показателей эффективности этого
процессе является содержание остаточно-
го магния в металле, нормируемое обычно в
пределах 0,03...0,06% (масс). Таким образом,
задача эффективной обработки чугуна по-
рошковой проволокой сводится, к доставке
магниевого наполнителя как можно ближе к
донной части ковша, обеспечивая тем самым
насыщение жидкого чугуна парами магния по
всему объему металла.

Эффективность усвоения магния из на-
полнителя порошковой проволоки зависит
от большого количества факторов, а именно:
от геометрических размеров ковша, скорости
подачи проволоки, температуры обработки
металла, состава и качества наполнителя по-

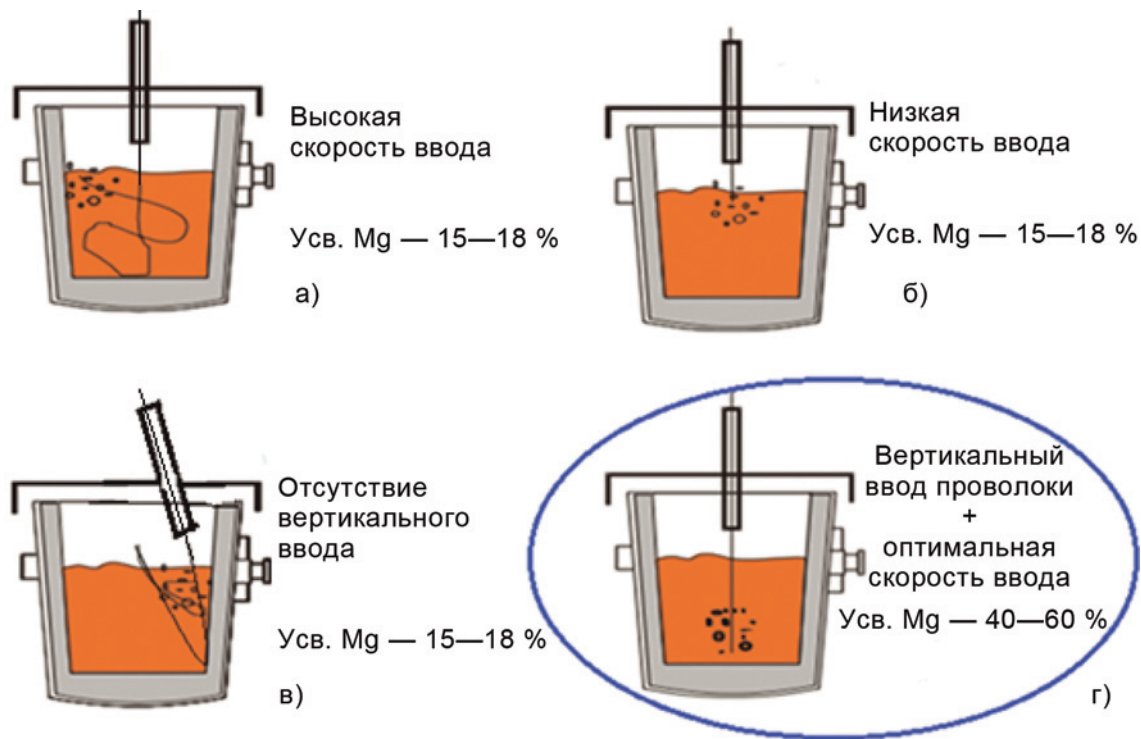


Рис. 1. Влияние скорости и «вертикальности» ввода порошковой проволоки на эффективность обработки расплава

рошковой проволоки, химического состава жидкого металла, исправной работы подающего устройства трайб-аппарата и т.д.

Важным условием, влияющим на эффективной обработки металла порошковой проволокой, является форма ковша. Оптимальным считается использование конического ковша с соблюдением отношения высоты ковша к его диаметру 2:1 [1], это позволит обеспечить насыщение металла парами магния по всему объему расплава в ковше.

Одним из ключевых параметров, позволяющих обеспечить раскрытие проволоки в донной части ковша, является оптимальная скорость ввода порошковой проволоки, которая может быть определена только эмпирическим путем в производственных условиях конкретного предприятия.

На рисунке 1 представлены типичные ситуации ввода порошковой проволоки и получаемые в связи с этим результаты усвоения магния. Так, например, слишком высокая скорость ввода порошковой проволоки (рис. 1, а) приводит к складыванию ее витков на поверхности металла и, следовательно, сгоранию ее на зеркале металла. Наоборот, слишком низкая скорость ввода (рис. 1, б) приведет к раскрытию проволоки в верхних слоях металла,

пары магния слишком быстро покидают металл и окисляются атмосферным кислородом. Отсутствие «вертикальности» ввода порошковой проволоки (рис. 1, в) может привести к изменению ее направления в процессе погружения, контакту с одной из стен ковша или затруднению преодоления вязкого укрывного шлака.

Вертикальное направление ввода проволоки в совокупности с оптимальной скоростью (рис. 1, г) позволяет получить максимально высокое усвоение магния за счет доставки его в донную часть ковша.

Приведенные выше закономерности применимы при обработке различных марок сталей, в том числе марганцовистых. Например, при обработке стали порошковой проволокой с кальцийсодержащим наполнителем кальций легко испаряется и уходит из металла в атмосферу, в связи с чем, необходимо обеспечить ввод проволоки как можно ближе к донной части ковша.

На одном литейном предприятии, использующем технологию обработки металла порошковой проволокой, технические специалисты нашей компании столкнулись с проблемой низкого усвоения магния. На предприятии осуществляется сфероидизирующая обработ-



Рис. 2. Конструкция направляющей для центрирования проволоки

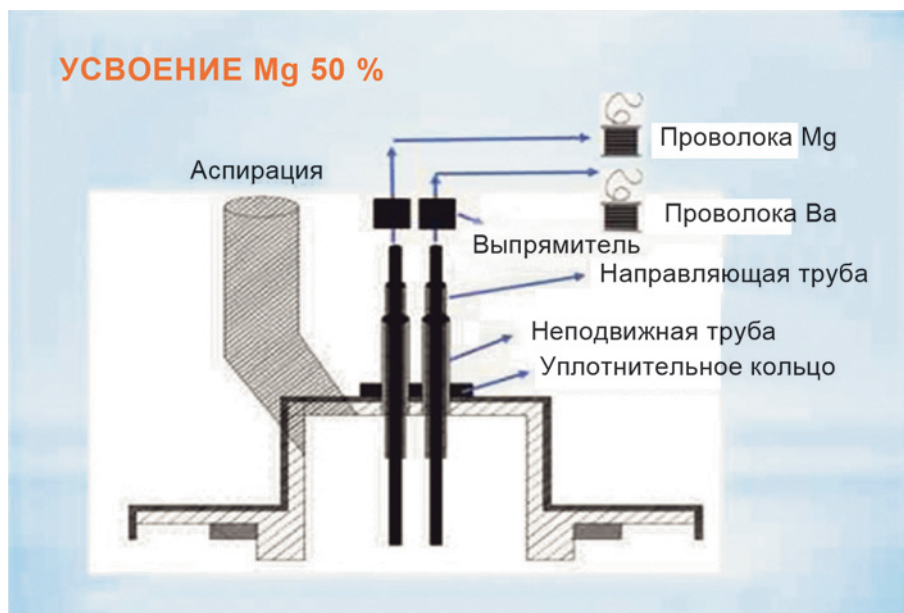


Рис. 3. Конструкция крышки ковша, обеспечивающая вертикально направленный ввод проволоки

ка проволокой с магнием и графитизирующая обработка проволокой с барием.

В данном случае причиной низкого усвоения магния на представленном литейном предприятии являлось отсутствие центрированной вертикальной подачи проволоки (отверстие в крышке ковша, через которое подается проволока, находится не в центре, а сбоку), в результате чего проволока, погружаясь в металл, упирается в стенку ковша, начинает складываться витками и сгорать на поверхности металла. В связи с этим, была предложена конструкция направляющей для смещения подачи проволоки от стенки ковша к его центру. Конструкция направляющей представлена на рисунке 2, и представляет

собой пластину с двумя направляющими для подачи проволоки с магнием и барием). Направляющие защищены футеровкой из магнетитового порошка на жидком стекле.

Применение направляющей на серии обработок позволило повысить эффективность усвоения магния на 35–40% по сравнению с существующей технологией ввода порошковой проволоки.

В зарубежной практике широко применяются конструкции крышки ковша представленной на рисунке 3, в которую вмонтированы направляющие, обеспечивающие вертикальный ввод проволоки.

Данная конструкция крышки ковша позволяет повысить эффективность и стабиль-

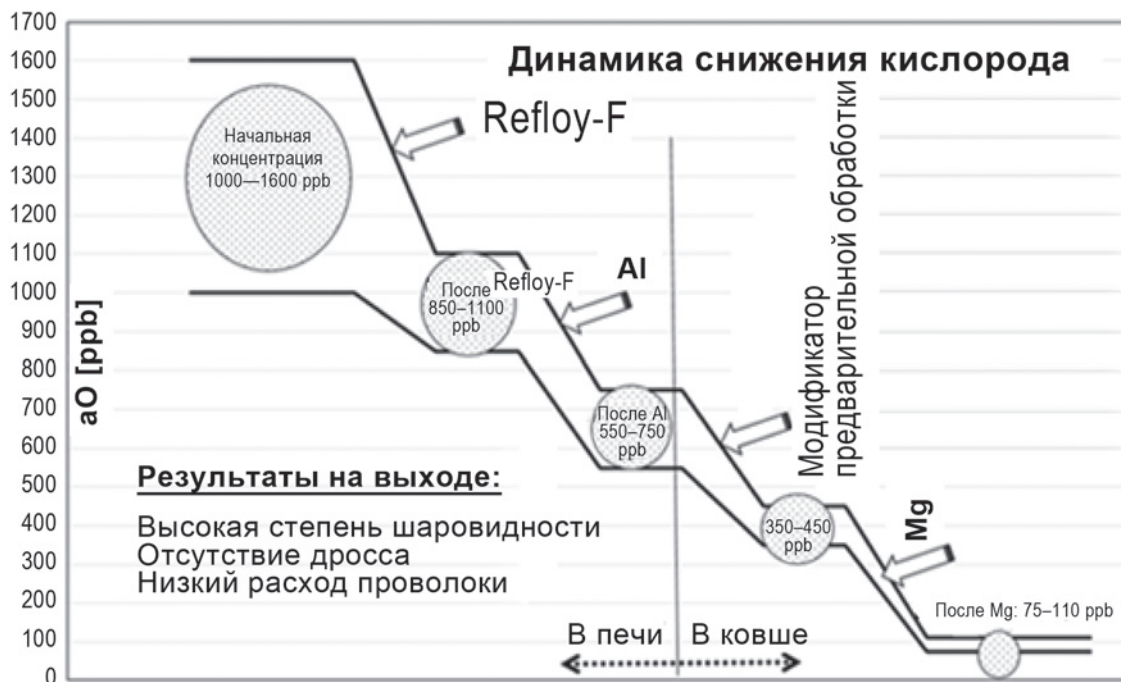


Рис. 4. Схема снижения концентрации кислорода

ность модифицирующей обработки. Это получается за счет того, что удается обеспечить вертикальность ввода проволоки и стабильность расстояния от направляющей до зеркала металла (при использовании одинакового размера ковшей и массы металла в них). Использование крышки позволяет улучшить экологические условия производства, сделать процесс модифицирование более безопасным, исключая выплески металла из ковша в процессе обработки. Наличие воздушного пространства внутри крышки ковша в отличие от плоской конструкции крышки, позволит предотвратить забивание отверстий подачи проволоки жидким металлом в ходе обработки.

Дополнительной возможностью увеличения эффективности обработки расплава чугуна порошковой проволокой может служить применение материалов, снижающих содержание кислорода в жидком металле в печи. Для этого применяются: SiC, SiCa, SiBa, Al, рафинирующие брикеты Refloy-F производства компании НПП Технология и т.д. Так называемая «предварительная обработка» металла осуществляется как в печи в процессе выплавки металла, так и в ковше на выпуске готового чугуна из печи.

Опыт замеров активности кислорода на примере высокопрочного чугуна показыва-

ет, что после обработки расплава сфероидизирующими модификаторами окисленность металла падает со значений 900–1200 ppb до уровня 75–110 ppb. Это происходит вследствие того, что активные элементы имеют высокое сродство к кислороду и сере, и при температуре модифицирования активно взаимодействуют с ними с образованием соответствующих оксидов и сульфидов.

Таким образом, стабильность процесса модифицирования напрямую зависит от колебания содержания [O] и [S] в чугуне. Это подтверждается полученными результатами (табл. 1).

Замеры кислорода в чугуне проводились прибором E4 Celox-Lab Foundry. Динамика снижения содержания кислорода в чугуне во время выплавки металла в печи и последующей его внепечной обработке в ковше представлена на рисунке 4.

Согласно представленной рис. 4 схеме начальное содержание кислорода в печном чу-

Таблица 1

Результаты замеров содержания кислорода в чугуне

№ плавки	Масса металла, т	Окисленность, ppb	Усвоение Mg, %
1	14,3	850	19,3
2	14,4	1096	17,8

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44

гуне может достигать свыше 1000—1600 ppm и зависит от качества применяемых шихтовых материалов. Повышенное содержание кислорода в жидком чугуна может вызывать:

- значительное окисление магния.
- повышенный расход порошковой проволоки.
- формирование излишнего количества шлака в ковше.

Выводы

Эффективность технологии модифицирования порошковой проволокой металла может быть существенно увеличена и стабилизирована за счет:

1. Снижения окисленности расплава путем предварительной обработки металла в печи и ковше активными материалами (SiC, SiBa, рафинирующие брикеты Refloy®).

2. Обеспечения вертикальности ввода порошковой проволоки в центральную часть ковша с применением специальных технических средств (направляющей).

3. Подбора оптимальной скорости ввода, обеспечивающей доставку магнийсодержащего наполнителя в донную часть ковша.

Литература

1. Беляков А.И., Жуков А.А. Производство отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом / под ред. А.И. Белякова. — М.: Машиностроение, 2010. — 712 с.
2. Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В. Производство стали, том 2 Внепечная обработка жидкого чугуна. Теплотехник, Москва, 2008. — 202 с.
3. Воронова Н.А. Десульфурация чугуна магнием. М.: Металлургия, 1980. — 240 с.
4. Зенкин Р.Н., Вальтер А.И. Модификаторы и технологии внепечной обработки высокопрочного чугуна. Известия ТулГУ. Технические науки 2014. Вып. 11. — 12 с.
5. Зенкин Р.Н. Механизм и разновидности модифицирования высокопрочного чугуна. Известия ТулГУ. Технические науки. 2014. Вып. 1. — 9 с.
6. Кубашевский О., Олкокк С.Б. Металлургическая термехимия; пер. англ. В.Н. Львовой, С.А. Маслова; под ред. Л.А. Шварцмана М.: Металлургия, 1982. — 392 с.

В.Б. Дудниченко, кандидат технических наук,
генеральный директор ООО «Монолит»

К 30-летию Общества с ограниченной ответственностью «Монолит»

Товарищество с ограниченной ответственностью ТОО «Монолит» было организовано и зарегистрировано 17 февраля 1992 года.

На первоначальном этапе работы ТОО «Монолит» носили характер консультаций. По договорам с заказчиками под различные типы дробеметно-дробеструйного оборудования разрабатывались инструкции, обучались операторы очистных установок приемам правильного ведения технологического процесса, безаварийной эксплуатации и технического обслуживания установок. Подготавливались наиболее рациональные технологические схемы очистки заготовок, подбирались абразивный материал, обеспечивающий наилучшие показатели производительности и качества

поверхности заготовок при минимальных затратах выполнения операций. Разрабатывались оптимальные схемы очистки, методические рекомендации по сокращению организационных потерь абразивного материала. Внедрялись конструкции вспомогательных устройств, позволяющих снизить потери времени на выполнение вспомогательных операций при транспортировке заготовок.

Постепенно заслужив определенный авторитет у заказчиков, эксплуатирующих очистные машины, ООО «Монолит» стал получать заявки на запасные части и отдельные узлы к дробеметному оборудованию. Отчетливо вырисовывалась необходимость поставки небольшими партиями запасных частей