

УДК: 669.715:669.788

**А. В. Наривский, Н. С. Пионтковская, В. В. Федоров,
А. В. Косинская**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАФИНИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ГАЗОФЛЮСОВОЙ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА

Представлены результаты исследований по влиянию холодного и высокотемпературного газофлюсового рафинирования на степень удаления водорода и оксидов из алюминиевых сплавов.

Ключевые слова: расплав, газофлюсовая обработка, продувка аргоном, плазменная струя, дисковый активатор, степень рафинирования, водород, оксидные включения.

Представлено результати досліджень впливу холодного та високотемпературного газофлюсового рафінування на ступінь видалення водню і оксидів із алюмінієвих сплавів.

Ключові слова: розплав, газофлюсова обробка, продування аргоном, плазмовий струмінь, дисковий активатор, ступінь рафінування, водень, оксидні включення.

The results of studies of impact of the cold and high temperature gas-flux refining of the melt on the degree of removal of hydrogen and oxides from the aluminum alloys were presented.

Keywords: melt, processing gas-flux, blowing by argon, plasma jet, disk activator, the degree of refining, hydrogen oxide inclusions.

В зависимости от внешнего воздействия на расплав способы рафинирования сплавов можно разделить на пять основных групп: окислительное рафинирование, продувка нейтральными и активными газами; обработка твердыми, порошкообразными и жидкими реагентами; вакуумирование; фильтрование; электрические и плазменные воздействия. Способы каждой группы даже при одинаковом назначении сильно различаются по сложности исполнения и эффективности влияния на качество литого металла. Одни из них позволяют эффективно дегазировать сплавы при слабом удалении из расплава неметаллических включений и примесей, другие – наоборот. Поэтому глубокое рафинирование сплавов от газов и включений достигается лишь при комплексной обработке, сочетающей разные воздействия на расплав.

Получение и обработка расплавов

В работе показано влияние глубинной обработки расплава холодными и высокотемпературными газифлюсовыми реагентами на процессы рафинирования силицидов от водорода и оксидных включений. Исследования проводили на алюминиевом сплаве АК7 (ГОСТ 1583-93), который обрабатывали в атмосферных условиях разными способами. В жидкий металл замешивали колокольчиком расплавленный флюс (%мас.: 35 NaCl; 25 KCl; 30 NaF; 10 Na₃AlF₆) в количестве 0,3 % от массы сплава. Такое же количество флюса предварительно вводили колокольчиком в сплавы и продували их плазменной или скоростными аргоновыми струями. Холодный аргон при скоростной продувке сплавов подавали в глубину металла через три горизонтальные сопла (рис. 1, а) под избыточным давлением в фурме 0,35 МПа. В расплав также замешивали аргон вращающимся (400-420 об/мин) активатором, выполненным в виде диска с диаметрными пазами глубиной 2 мм на нижней поверхности (рис. 1, б). Кроме этих способов сплав продували смесью высокотемпературного аргона с парами флюса.

Сплавы массой 60 кг рафинировали при постоянной температуре ~720 °С в печи сопротивления, а дисковым активатором расплав обрабатывали в индукционной установке на базе ИСТ-016. Продувку сплавов холодными или плазменными струями проводили в течение 8 мин при одинаковом (~7,5 л/мин) расходе аргона. После каждого способа обработки сплав выдерживали 12 мин в печи и разливали металл в кокили.

В процессе обработки активатором сплав вблизи диска получает вращательное движение и перемещается в радиальном направлении, а в жидком металле над дис-

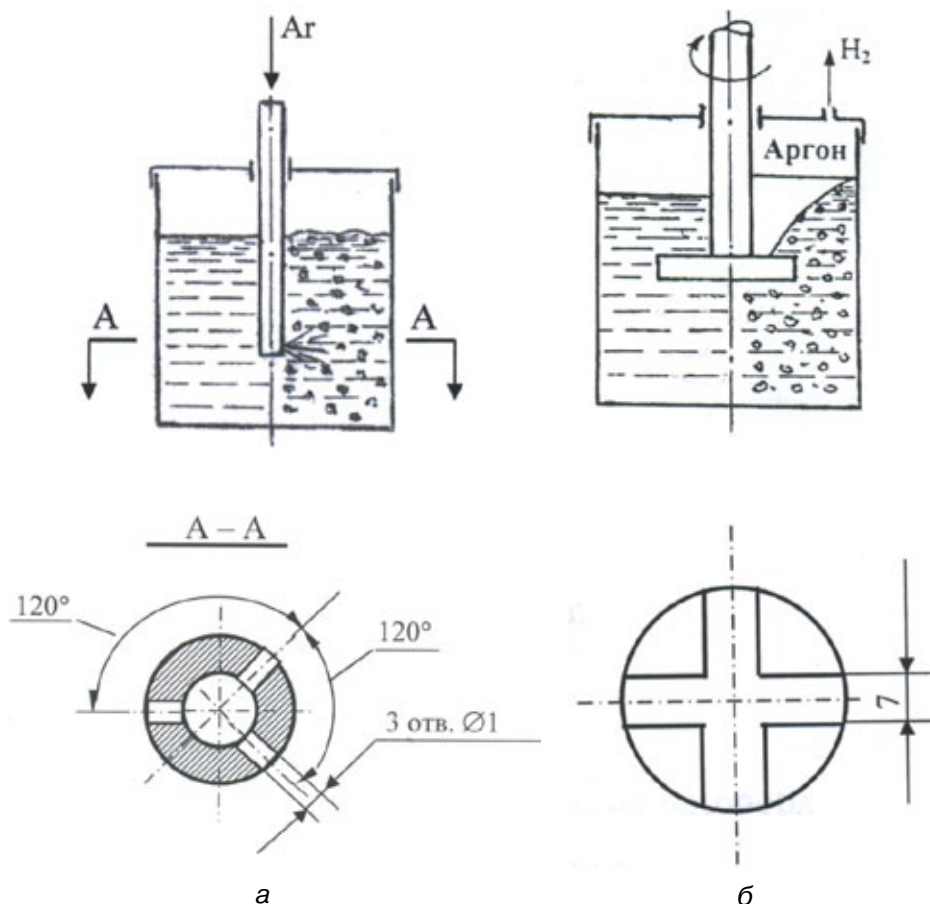


Рис. 1. Схемы обработки жидкого металла (левая сторона – исходное положение, правая – при рафинировании): а – скоростными струями аргона; б – дисковым активатором

Получение и обработка расплавов

ком образуется воронка (рис. 1, б). С момента, когда воронка достигает диска и его поверхность освобождается от металла, в глубину ванны начинает поступать воздух и дробиться на пузырьки. В результате этого концентрации водорода и оксидов алюминия в расплаве будут увеличиваться. Если печное пространство заполнить аргоном, то в жидком металле образуются пузырьки инертного газа, в которые из расплава переходит водород, и вместе с ними выносятся на поверхность ванны. На поверхности металла газовые пузырьки разрушаются и водород из них, плотность которого в 20 раз меньше аргона, поднимается вверх и уходит в атмосферу. Нагретый до температуры металла аргон при этом остается над ванной и замешивается активатором в расплав повторно. При многократном замешивании аргона интенсифицируется массоперенос водорода из расплава в пузырьки нагретого газа, металл при рафинировании охлаждается меньше и снижается расход аргона на обработку сплавов.

Высокотемпературную смесь аргона с парами флюса вводили в расплав плазмотроном (рис. 2). В прикатодную зону плазмотрона засыпали 0,05 кг флюса (0,08 % от массы сплава). Затем плазмотрон включали и погружали его в расплав. В процессе обработки сплава флюс нагревался в плазмотроне и испарялся. Пары флюса вместе с высокотемпературным аргоном через боковые отверстия и сопло в вставке (рис. 2, поз. 5) поступали в расплав со скоростью более 250 м/с и диспергировались с образованием в жидкометаллической ванне развитой поверхности взаимодействия фаз.

Содержание водорода в сплавах определяли методом вакуумплавления образцов из отливок, концентрацию оксидов – металлографическим способом. Степень удаления из сплавов водорода и оксидных включений при разных способах газифлюсовой обработки расплава приведена в таблице.

Видно, что при обычном флюсовании (вариант 2) из расплава удаляется до 50 % оксидов при слабой (22 %) дегазации сплава. Обработка жидкого металла скоростными струями аргона (вариант 3) позволяет уменьшить содержание водорода в сплаве на 55 %, оксидных включений – более чем на 30 %. Концентрация водорода и оксидов в литом металле в случае скоростной продувки аргоном предварительно флюсованного расплава (вариант 4) снижается на 64 и 56 % соответственно.

Замешивание аргона в жидкий металл дисковым активатором (вариант 5) позволяет уменьшить концентрацию водорода в сплаве на ~60 %, – оксидов до 27. После обработки флюсованного расплава активатором (вариант 6) содержание водорода в сплаве снижается до 0,19 см²/100 г, оксидных включений – до 0,016 %, а степень его рафинирования по сравнению с продувкой ванны аргоном по варианту 4 выше. Это объясняется тем, что при продувке сплава аргоном частицы флюса, выносимые из него газовыми пузырьками, задерживаются оксидной пленкой на поверхности ванны и не поступают в расплав. В процессе обработки сплавов вращающимся активатором (вариант 6) флюсовые включения, которые всплывают вместе с пузырьками аргона, замешиваются обратно в расплав и диспергируются диском. В результате этого увеличивается время газифлюсового взаимодействия с металлом и повышается степень рафинирования сплавов. Процессу дегазации сплавов при

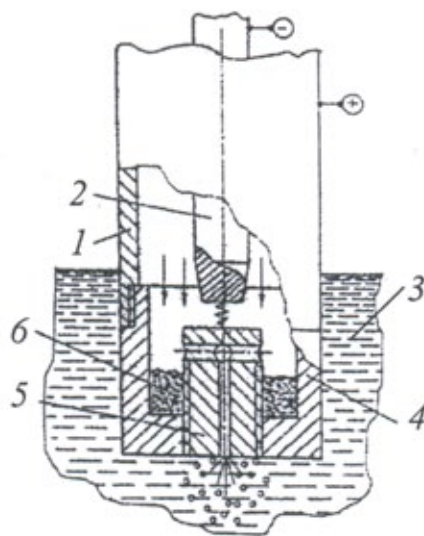


Рис. 2. Схема обработки сплавов плазменной струей с парами флюса: 1 – корпус; 2 – подвижный электрод; 3 – жидкий металл; 4 – анод; 5 – сменная вставка; 6 – флюс

Эффективность рафинирования сплава АК7 разными способами

Вариант обработки	Способ рафинирования сплава	Содержание водорода в сплаве, см ³ /100 г	Степень дегазации, %	Содержание оксидов в сплаве, %	Степень удаления оксидов, %
1	без обработки	0,6	–	0,046	–
2	флюсование расплава колокольчиком	0,47	22	0,025	46
3	скоростными струями (расплав без флюса)	0,27	55	0,031	32
4	скоростными струями (расплав с флюсом)	0,22	64	0,02	56
5	замешивание аргона активатором (расплав без флюса)	0,25	58	0,034	27
6	замешивание аргона активатором (расплав с флюсом)	0,19	68	0,016	65
7	плазменной струей (расплав с флюсом)	0,14	77	0,018	62
8	плазменной струей с парами флюса	0,11	83	0,012	74

обработке активатором способствует также разрежение, которое создается в расплаве под диском при его вращении [1].

Более эффективно из сплавов удаляются водород и оксидные включения при плазмореагентной обработке расплава. Так, продувка плазменной струей флюсованного сплава (вариант 7) позволяет увеличить степень его дегазации до 77 % и удалить из жидкого металла более 60 % оксидов. При продувке расплава плазменной струей с парами флюса (вариант 8) из сплавов удаляется более 80 % водорода и до 74 % оксидов. Глубокое рафинирование сплавов при такой обработке достигается за счет ввода в жидкий металл аргона и паров флюса в диспергированном высокотемпературном состоянии. В результате этого повышаются интенсивность взаимодействия вводимых реагентов с расплавом и степень рафинирования сплавов.

Предложенные технические решения можно применять в процессах рафинирования и модифицирования сплавов, что позволит повысить качество литой металлопродукции при экономном использовании энергоресурсов и материалов на ее производство.



Список литературы

1. В. Л. Найдек., Д. М. Беленький, Н.С. Пионтовская, А.В. Наривский // Процессы литья. – 2009. – № 1. – С. 3-9.

Поступила 07.08.2014