



*The developed methods of metallurgical clearance of aluminium alloys are given. It is shown that exploitation of the outfit mod. 46161, developed by the specialists of NP RUP "Institute BelNIIlit" proves high efficiency of the secondary aluminium alloys processing by argon.*

М. А. САДОХА, А. И. БАЧЕК, В. И. ГУТКО, НП РУП «Институт БелНИИлит»

УДК 621.74

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ ПРИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Проблемы качества (прежде всего чистоты) алюминиевых сплавов находятся в центре внимания с начала массового использования этих сплавов в промышленности, так как именно качество сплава является важнейшим фактором, определяющим в конечном итоге качество литья и другой продукции.

В последние годы вопросы качества сплавов становятся все актуальнее для алюминиевой литейной промышленности. Это связано прежде всего с тем, что в структуре потребляемых алюминиевых сплавов все большую долю занимают сплавы вторичного происхождения.

Несомненно, что это требует особого внимания к процессу очистки алюминиевого расплава непосредственно перед использованием. Присутствие нежелательных составляющих в алюминиевом сплаве свыше определенного допустимого уровня оказывает негативное воздействие на свойства готового изделия, особенно на его пластичность, предел усталости, вязкость и обрабатываемость.

В обобщенном виде процесс очистки алюминия сводится к минимизации следующих составляющих: растворенных газов (в особенности водорода), химических элементов (таких, как натрий, литий, кальций, железо и др.), неметаллических включений, интерметаллидов.

В настоящее время разработано много методов металлургической очистки алюминиевых сплавов. Все их можно сгруппировать исходя из способов обработки жидкого металла:

- обработка газами (продувка активными и нейтральными газами, вакуумирование);
- обработка расплавами (жидкими синтетическими шлаками и флюсами, металлическими расплавами, легкоплавкими твердыми добавками);

- обработка твердыми добавками (металлическими и неметаллическими добавками).

При этом с целью обеспечения максимального взаимодействия расплава с веществами-реагентами применяют различные способы перемешивания: струйное, механическое, инерционное, электромагнитное и др.

Наиболее серьезной проблемой при производстве отливок из алюминиевых сплавов является наличие в расплаве растворенных газов (прежде всего водорода). При переходе металла из жидкого в твердое состояние во время кристаллизации отливки растворимость газов в металле резко уменьшается и образующийся избыток газов выделяется в виде пор и раковин. Это приводит к образованию таких дефектов, как негерметичность литья, пористость литья и появление крупных раковин газоусадочного характера.

Таким образом, для того чтобы эффективно уменьшать брак литья по причине газовых дефектов, необходимо снижать газонасыщенность расплава перед заливкой.

Известно, что растворимость водорода в расплаве зависит от многих факторов, но в большей степени от парциального давления и температуры. Так, было установлено [1], что при определенной температуре растворимость водорода пропорциональна корню квадратному из его парциального давления:

$$[H] = k \sqrt{p_{H_2}}, \quad (1)$$

где  $[H]$  — количество растворенного в металле водорода;  $k$  — константа растворимости;  $p_{H_2}$  — парциальное давление водорода в атмосфере печи.

Анализ формулы (1) позволяет сделать вывод о том, что эффективным механизмом снижения водорода в расплаве может быть уменьшение его

содержания в атмосфере печи. Это возможно обеспечить несколькими методами – создание инертной атмосферы в печи или вакуума в печи. Однако наряду с кажущейся простотой данные методы имеют ряд недостатков. Во-первых, это влечет за собой серьезную конструктивную переделку плавно-раздаточного оборудования. Во-вторых, уменьшение газонасыщенности расплава происходит по диффузионному механизму, что в свою очередь требует значительного времени выдержки расплава для достижения заметного эффекта.

С целью ускорения диффузионных процессов за счет сокращения расстояний переноса газа часто используют различные варианты продувки расплава инертными газами.

Для определения путей повышения эффективности разных вариантов продувки расплава рассмотрим механизм воздействия инертного газа на расплав.

Как видно из рис. 1, контакт пузырька рабочего (инертного или иного) газа с расплавом происходит через границу раздела пузырек–расплав. В некоторых случаях она может быть представлена оксидной пленкой или другим материалом.

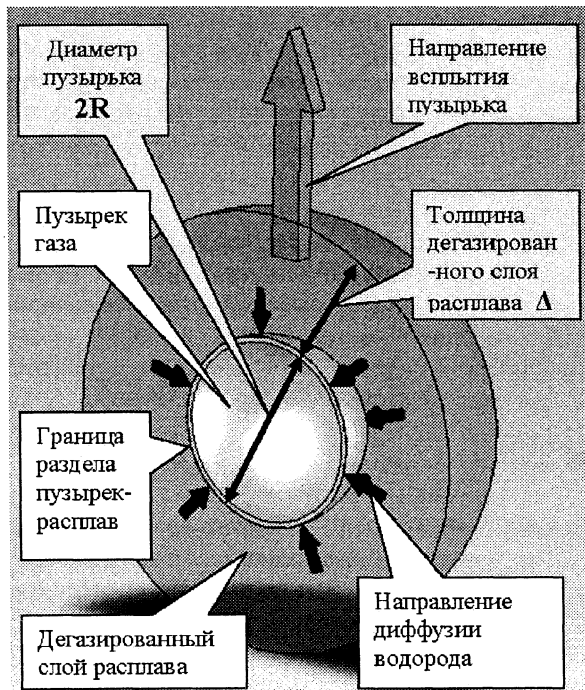


Рис. 1. Схема взаимодействия пузырька рабочего газа с расплавом при продувке

Пузырьки рабочего газа можно рассматривать как внутреннюю замкнутую атмосферу, куда стремятся диффундировать растворенные в расплаве газы. Причем нужно учитывать, что пузырек радиусом  $R$  находится в расплаве только определенное время  $t$ , равное времени его всплытия на поверхность, которое зависит как от

параметров расплава, так и геометрии пузырька. Чем меньше радиус пузырька  $R$ , тем медленнее он всплывает, т.е. увеличивается время обработки расплава.

За время всплытия пузырька  $t$  в него успевают диффундировать газы из расплава с определенного расстояния от границы раздела пузырек–расплав. Примем условно, что на глубине  $\Delta$  (дегазированный слой) расплав в итоге будет иметь газонасыщенность ниже порога образования газовых дефектов в отливке.

Объем одного пузырька:

$$v_{\text{puz}} = 4/3\pi R^3. \quad (2)$$

Объем дегазированного слоя вокруг одного пузырька:

$$v_{\text{deg.met.}} = 4/3\pi((R + \Delta)^3 - R^3). \quad (3)$$

Предположим, что весь рабочий газ, введенный в расплав, распадается на пузырьки одинакового размера и равномерно распределяется по всему объему расплава без пересечения дегазированных слоев расплава друг друга. Тогда при введении рабочего газа объемом  $V$  в расплав в нем сформируется  $N$  пузырьков радиусом  $R$  (давлением столба расплава пренебрегаем):

$$N = V / v_{\text{puz}} = V \frac{3}{4\pi R^3}. \quad (4)$$

Объем дегазированного металла рабочим газом (объем рабочего газа  $V$ ) в данном случае будет равен при принятых выше допущениях:

$$V_{\text{deg.met.}} = v_{\text{deg.met.}} N = \frac{4\pi((R + \Delta)^3 - R^3)}{3} V \frac{3}{4\pi R^3}. \quad (5)$$

После математических преобразований формула (5), определяющая зависимость объема дегазированного расплава от объема введенного в него газа, принимает вид

$$V_{\text{deg.met.}} = V\Delta \left( \frac{3}{R} + \frac{3\Delta}{R^2} + \frac{\Delta^2}{R^3} \right). \quad (6)$$

Анализ формулы (6) позволяет сделать ряд выводов, объясняющих закономерности продувки расплава рабочими газами для снижения содержания растворенных в металле газов:

1. Объем дегазированного металла прямо пропорционально зависит от объема рабочего газа, введенного в расплав.
2. Объем дегазированного металла обратно пропорционален радиусу пузырьков рабочего газа, возведенного в степень  $n > 1$ .
3. Объем дегазированного металла прямо пропорционален глубине дегазированного слоя расплава у пузырька  $\Delta$ .

При практической реализации процесса продувки расплава рабочими газами для повышения эффективности процесса необходимо раздробить рабочий газ на пузырьки минимального размера;

равномерно распределить пузырьки по объему расплава; вводить газ необходимо у самого дна тигля для удлинения пути всплытия пузырьков и увеличения тем самым глубины дегазированного слоя расплава у пузырька ( $\Delta$ ).

Наиболее простым способом введения рабочего газа является продувка через погруженную фурму, установленную в расплав стационарно. Для получения заметного эффекта качества расплава в этом случае требуется значительное время обработки (15–20 мин), что связано с образованием больших по объему и быстро всплывающих пузырей рабочего газа, используемого неэффективно. При этом значительные объемы расплава остаются вне зоны обработки.

Использование вращающегося импеллера для введения рабочего газа в расплав позволяет по сравнению со стационарной продувкой раздробить струю газа на пузырьки меньшего размера и распределить их более равномерно по объему расплава.

Специалистами НП РУП «Институт БелНИИ-лит» созданы ряд установок для металлургической обработки расплава рабочими газами при помощи вращающегося импеллера. На рис. 2 показан общий вид установки мод. 46161, а в таблице приведена ее техническая характеристика.

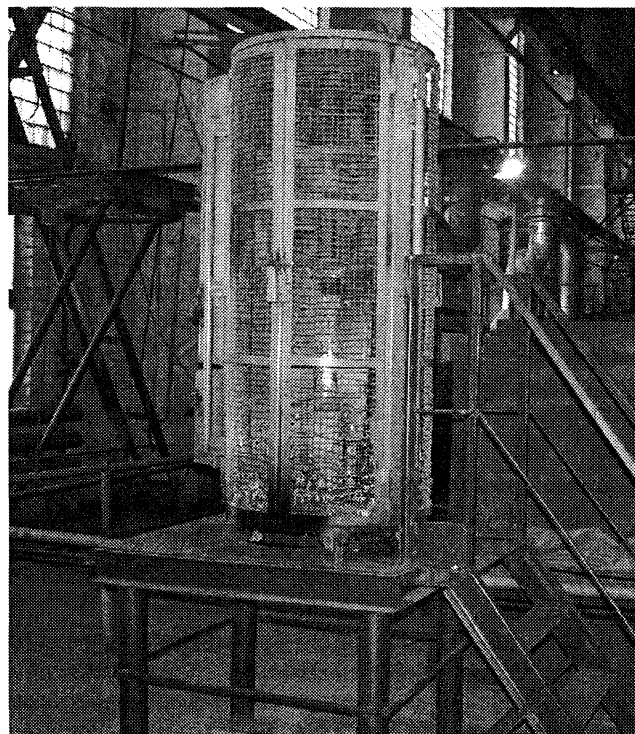


Рис. 2. Установка мод. 46161 для металлургической обработки алюминиевого расплава

#### Техническая характеристика установки мод. 46161

Наименование параметра	Величина
Время обработки не более, мин	15
Режим работы	Полуавтоматический
Применяемые рабочие газы	Азот, аргон (газообразные)
Давление газа не более, МПа (кгс/см)	0,63 (6,3)
Система управления	Электрическая
Частота вращения импеллера, мин <sup>-1</sup>	473/533/600
Скорость перемещения каретки, м/с	0,079
Ход каретки не более, мм	780
Установленная мощность, кВт	1,5
Габаритные размеры, мм:	
длина	1022
ширина	997
высота	1849
Масса не более, кг	680

Опыт эксплуатации установки мод. 46161 в условиях ОАО «Сухоложский завод «Вторцветмет» свидетельствует о высокой эффективности обработки вторичных алюминиевых сплавов аргоном. Обработка в течение 10 мин расплава, имеющего изначально 4-й балл пористости по шкале ВИАМ, позволяет гарантированно снизить пористость до 1-го балла без применения флюсов.

Представляется перспективным дальнейшее совершенствование различных видов металлур-

гической обработки алюминиевого расплава на базе использования вращающегося импеллера и использования его не только для введения в расплав рабочих газов, но и для обработки расплава флюсами и другими твердыми добавками.

#### Литература

1. Сивертс К. Газы и металлы. М.: Металлургиздат, 1943.