

**Перспективы использования вакуумно-индукционной плавки при
получении сплавов медицинского назначения**

Студенты гр. 10405117 Касперович И.А., Малышко Е.А.,
гр.10405119 Хорольский П.Д.
Научные руководители – Долгий Л.П., Слуцкий А.Г.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Специальная электрометаллургия широко применяется при изготовлении чистых металлов и сплавов. При этом, наряду с различными плавильными агрегатами используется вакуумные индукционные печи, позволяющие получать отливки из стали и сплавов весьма ответственного назначения, обладающих высокими механическими и эксплуатационными свойствами.

Известно, что при плавке в вакууме ряд физико-химических процессов имеет специфические особенности, а именно: интенсивно выделяются газы из металла, заметно испаряются как основные компоненты сплава, так и их примеси с высокой упругостью пара. При этом становится возможным глубокое раскисление металла углеродом, восстанавливаются и удаляются неметаллические включения (НВ), идут активные процессы между металлом и футеровкой [1].

Такие преимущества делают вакуумно-индукционную плавку (ВИП) перспективной при изготовлении литых изделий в том числе медицинского назначения. Актуальность применения ВИП возрастает, принимая во внимание высокую стоимость сплавов и повышенные требования к функциональным свойствам изделий из них. Например, стоимость сплавов на основе кобальта, при изготовлении деталей медицинских имплантатов, составляет около 200 €. При горячей штамповке и механической обработке деталей имплантатов отходы в виде облоя и стружки составляют от 10 до 30 %. Кроме того, поскольку сплав Co-Cr-Mo относится к труднодеформируемым, велика вероятность получения брака во время штамповки. В связи с этим, возможность вторичного использования отходов Co-Cr-Mo путем переплава и последующей деформации приобретает значительную экономическую эффективность.

В случае изготовления мерных литых заготовок оптимальным вариантом для получения отливок является применение специальных керамических форм либо кокиля. Схема лабораторной ВИП для получения отливок показана на рисунке 1.

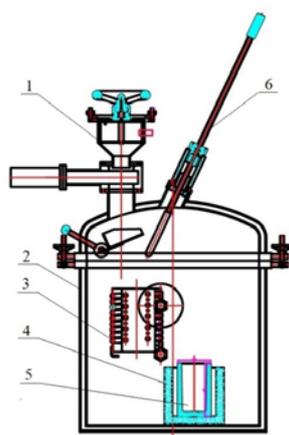
Их выполняют с одной вакуумной камерой, в которой после откачки воздуха проводят плавку и разливку металла в изложницы или форму (5). После этого печь разгерметизируют с целью удаления изложницы со слитком, ревизии и ремонта тигля, загрузки очередной порции шихты, для чего снимают или отводят в сторону крышку или корпус [1].

Полный цикл плавки в ВИП включает следующие этапы:

1. Загрузка шихты в печь (3) через шлюз (1);
2. Откачка из печи воздуха до рабочего давления;
3. Расплавление шихты;
4. Выдержка (рафинирование, раскисление, легирование);
5. Выпуск и разливка металла в подогреваемую форму (5);
6. Очистка внутренней поверхности футеровки и подготовка печи к следующей плавке.

В шихте обычно используют мягкое железо, металлический Cr, электролитический Ni, Co, а также FeMo, FeW и др. После расплавления эти материалы не создают шлак. Обычно во время расплавления шихты давление в печи составляет 10^{-1} - 10^{-2} мм.рт.ст.

Помимо шихтовых материалов, перечисленных выше, по ходу плавки в случае необходимости вводят в конце плавления FeNb, углерод (для раскисления), в начале выдержки FeV, Al (для легирования). FeTi, FeZ₂ – в конце выдержки добавляют FeMn, FeSi, FeB; перед выпуском – SiCa, Al (для раскисления) и в виде лигатур и сплавов Mg, Ba, Ce.



1 – загрузочная камера (шлюз); 2 – корпус печи; 3 – индуктор; 4 – муфельная печь для подогрева литейной формы; 5 – литейная форма; 6 – термопара
Рисунок 1 – Схема лабораторной индукционной вакуумной печи

При загрузке легкоиспаряющихся материалов в печь вводят аргон при давлении 40-100 мм.рт.ст [2].

Дегазация металла при достаточной выдержке и надлежащем вакууме протекает весьма успешно. Водород $[H]_{Fe}$ удаляется почти полностью, а азот $[N]_{Fe}$ в конце плавки может иметь концентрацию 0,003-0,006%. Однако, при наличии нитридообразующих элементов удаление азота связано со значительными трудностями.

В процессе плавки испаряются примеси цветных металлов, имеющих высокую упругость пара в вакууме и нерастворяющиеся в жидком металле. Это прежде всего Zn, Pb, Bi. Удаляются также Cu, Sb и в меньшей степени Sn и As (мышьяк) [3].

При плавке значительно снижается содержание неметаллических включений (НМВ) всех типов, особенно при продувке жидкого сплава аргоном. Установлено, что при выплавке легированных сталей и сплавов сера в вакууме не испаряется.

Применение основных шлаков для удаления серы и НМВ дает положительный результат, однако при работе со шлаком возникает ряд затруднений.

Таким образом преимуществом плавки в индукционных вакуумных печах является глубокая дегазация металла, успешное удаление примесей ряда цветных металлов и возможность выплавки сталей и сплавов практически любого состава. Наиболее существенный недостаток данных печей – это взаимодействие металла с футеровкой печи, большие размеры и высокая стоимость установки, худшие ТЭП по сравнению с обычными индукционными печами.

Недостатком является также низкая стойкость футеровки, обычно составляющая несколько десятков плавков. Несмотря на то, что она выполняется из чистых электроплавильных огнеупорных материалов (MgO , Al_2O_3 , Z_2O_2) или их смеси.

Список использованных источников

1. Качанов, Д.В. методы спецметаллургии – основа производства высококачественных сталей и сплавов / Е.Б. Качанов // *Сталь*. – 2008. - № 12. – с. 81-83.
2. Швед, Ф.И. технологические аспекты вакуумного дугового переплава стали и ферросплавов / Ф.И. Швед // *Сталь*. – 2008. - № 12. – с. 75-80.
3. Гуляев, А.П. Чистая сталь / А.П. Гуляев. – Москва: «Металлургия», 1975. – 136-143 с.