

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ

Бабина (Порядина) А.Н.

Научный руководитель: Апасов А.М., к.т.н., доцент

Юргинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО
«Национальный исследовательский Томский политехнический
университет», 652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская 26
E-mail: mchmyti@rambler.ru.

Введение

Ушедший XX век, особенно его вторая половина, вошел в историю как период массового использования ранее неизвестных человечеству функциональных материалов, таких, как полупроводники, диэлектрики, сверхпроводники, опто-, пьезо-, нано-, фемто- и другие материалы.

Вместе с тем, объективным является и то обстоятельство, что главными конструкционными материалами XXI века, все-таки, останутся сталь и некоторые цветные металлы. Именно этим объясняется их исключительно важная роль в создании материальной базы всего человечества.

Для повышения надежности и долговечности машин и сооружений, работающих в экстремальных условиях, необходимо опережающее развитие фундаментальной металлургической науки [1]. Это позволит получать металлы и сплавы особо высокого качества с максимальной степенью физической (полное отсутствие дефектов различного структурного уровня), химической (более равномерное распределение примесей по всему объему слитка или дендрита при их минимальной концентрации) и структурной однородности. Тем не менее, отказ в работе или разрушение практически неизбежно завершают функционирование любого изделия и могут привести к необратимым гуманитарным и экологическим последствиям не только в пределах одного региона, государства, но и более того, в планетарном масштабе [2].

Поэтому, составной частью данной проблемы является достижение очень высокой степени чистоты металлов. Это обусловлено тем, что: во-первых, резервы улучшения свойств металла путем оптимального легирования и термообработки к настоящему времени почти исчерпаны; во-вторых, установлено, что некоторые химические элементы могут отрицательно влиять на служебные свойства металлов. Эти элементы получили название вредных примесей [1].

Анализ методов получения металлов и сплавов особо высокого качества

Известно, что по способу производства или по качеству классифицируют стали, которые определяются условиями металлургического производства и контролируются, прежде всего, по содержанию в них вредных примесей [3]. В частности:

1. Стали *обыкновенного качества* имеют повышенное содержание вредных примесей: а) серы – до $(0,05 \div 0,06)\%$; б) фосфора – до $(0,04 \div 0,07)\%$.

Кроме того, они содержат повышенное количество неметаллических включений.

2. Содержание серы и фосфора в *качественных* сталях менее 0,035%.

3. В *высококачественных* сталях содержание серы и фосфора менее 0,025%.

4. Расширению масштабов производства специальных сталей и сплавов *особого качества* способствовало появление процесса вакуумного дугового переплава (ВДП), создание способа электрошлакового переплава (ЭШП) расходуемых электродов, методов электронно-лучевого переплава (ЭЛП) и плазменно-дугового переплава (ПДП) металла в охлаждаемых кристаллизаторах, вакуумной индукционной плавки (ВИП) [1].

Концентрация серы и фосфора в сталях и сплавах *особого качества* менее 0,015%.

5. Понятие *высокочистых металлов* постоянно изменялось во времени [1, 4, 5]. В настоящее время в наиболее чистых металлах содержание отдельных примесей лежит на уровне 10^{-6} – $10^{-8}\%$ при суммарном содержании примесей, равном 10^{-3} – $10^{-4}\%$. В конденсированном состоянии в каждом кубическом сантиметре еще содержится 10^{11} – 10^{12} посторонних атомов. Удаление примесей может привести к открытию новых, ранее неизвестных свойств.

Оказалось, что ядерные и электрофизические свойства металлов более чувствительны к их чистоте и сильно зависят от природы примесей, называемых *лимитируемыми*. Тогда же получил распространение термин «**элементы особой чистоты**». Так стали называть металлы, подвергнутые очистке до такого содержания лимитируемых примесей, когда начинали проявляться свойства, неизвестные до сих пор.

Проблема веществ *особой чистоты*, таким образом, становится проблемой **материаловедения**, от прогресса которого зависит само существование и развитие отрасли-потребителя.

До настоящего времени не существовало единой международной классификации химических веществ по степени их чистоты. В частности, содержание примесей или основного компонента в веществе выражается в массовых (масс. %), атомных (ат. %) процентах или в мольных долях. Иногда концентрацию примесей

выражают в частях на миллион (ppm) – [ppm – *parts per million*; 1ppm = 0,0001 % (масс.)] [1], в частях на миллиард (ppb) – [ppb – *parts per billion*; 1ppb = 0,000 0001 % (масс.)]. При такой маркировке часто не указывается, какие части (атомы или их масса) имеются в виду.

С другой стороны, все чистые металлы делятся на три класса: А, В, С. Вещества с содержанием суммы примесей 10^{-1} – 10^{-2} % составляют класс А и обозначаются А1-А2. Вещества с содержанием примесей 10^{-3} – 10^{-6} % составляют класс В и обозначаются В3-В6. И наконец, металлы с содержанием примесей 10^{-7} – 10^{-10} % составляют класс С и обозначаются С7-С10.

В металлургии содержание основного компонента принимается равным разности $100 - \sum_i c_i$ %, где $\sum_i c_i$ % – суммарное процентное содержание определяемых примесей. Если общее содержание в металле примесей составляет $\sim 10^{-2}$ %, то этот металл имеет чистоту 99,99 %, или не выше четырех девяток.

Характерной особенностью применяемых в настоящее время методов глубокой очистки является то, что все они основаны на использовании различий, обусловленных главным образом строением электронных оболочек атомов или молекул разделяемых металлов.

В общем случае все методы очистки металлов можно разделить на химические и физико-химические.

Физико-химические методы включают в себя электрохимические, дистилляционные, кристаллизационные и др.

Вакуумная дистилляция занимает особое место среди методов рафинирования в промышленности.

Процессы испарения и конденсации паровой фазы в вакууме на тарелках конденсатора позволяют осуществлять процесс синтеза буквально из отдельных атомов и получать новые материалы с заранее заданной структурой и свойствами [6, 7]. Высшие технологии подобного класса точности называют **нанотехнологиями**.

Накопленные к настоящему времени результаты лабораторных исследований и промышленного применения сверхчистых металлов, осаждаемых из паровой фазы в вакууме, позволяют выделить несколько наиболее перспективных направлений [8].

1. Получение фольги, листа, труб и изделий более сложной формы из труднообрабатываемых материалов (например, бериллия).

2. Осаждение массивных заготовок (более 100 кг) известных высокопрочных материалов.

Выводы

Установлено, что для получения особо чистых металлов нанокристаллического уровня необходимо:

1. Рафинируемый металл из расплавленного состояния полностью перевести в паровую фазу.

2. Последовательно и избирательно в зависимости от температуры кристаллизации конденсировать остатки компонентов вредных примесей, лигатур из паровой фазы с окончательным выделением рафинируемого металла на поверхности тарелок конденсатора.

Список литературы

1. Апасов А.М. Специальная электрометаллургия: учебник / А.М. Апасов; Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 286 с.
2. Апасов А.М. Активная диагностика разрушения и предотвращение техногенных катастроф: монография / А.М. Апасов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 216 с.
3. Апасов А.М., Галевский Г.В. Методы исследования, испытания, анализа и контроля в металлургии и материаловедении: учебное пособие / А.М. Апасов, Г.В. Галевский – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 488 с.
4. Девятых Ю.Е. Еллиев. Введение в теорию глубокой очистки веществ. – Москва: Наука, 1981. – 320 с.
5. Ажажа В.М., Ковтун Г.П., Неклюдов И.М. Комплексный подход к получению высокочистых материалов для микроэлектроники. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2002. № 6. – С. 3-6.
6. Бабина А.Н. К вопросу получения сверхчистых металлов нанокристаллического уровня // Всероссийская молодежная научная конференция с международным участием: инновации в материаловедении. – Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва, 3-5 июня 2013 г. – С. 26.
7. Порядина А.Н., Апасов А.М. К вопросу о получении особо чистых металлов нанокристаллического уровня // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т.320. – №2. – С.114-119.
8. Мовчан Б.А. Получение новых неорганических материалов путем конденсации паров фазы в вакууме // Вест. АН СССР. – 1985. – № 7. – С. 21-29