



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ "МИФИ"
СЕВЕРСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ



Получение редкоземельных металлов

Макасеев Юрий Николаевич

Северск 2020



Выбор способа получения металла

- **I группа:** La, Ce, Pr, Nd, мишметалл с $t_{\text{плав.}} \sim 1100^{\circ}\text{C}$.

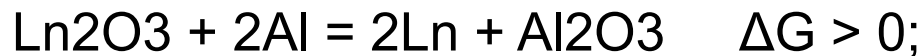
У хлоридов повышенная температура кипения и температура плавления и для них более подходящим является электролиз.

- **II группа:** Sm, Eu, Yb, Tm – низкие температуры плавления имеют и образуют устойчивые двухвалентные соединения. Для них используют методы лантантермические и карботермический метод восстановления из оксидов.
- **III группа:** тяжелые РЗМ кроме Yb, Tm. Высокие температуры плавления ($\sim 1400^{\circ}\text{C}$), а галлоидные соединения плавятся и кипят при низких температурах, поэтому получают металлы различными методами металлотермии.

Легирующие добавки для черной металлургии

Дешевые способы – восстановление оксидов углеродом и Al.

Карботермический и алюмотермический способы.



Для получения сплавов в шихту вводят элементы (Si, Al, Fe, Ni), образующие сплавы с PЗМ более прочные, чем карбиды PЗМ.



Получают лигатуры состава: 10-35%PЗМ;5-15%Al;50-60%Si;10%Fe.

Литиетермическое восстановление из хлоридов

Для производства тяжелых РЗМ и иттрия.



Li $T_{\text{пл.}}=186^\circ\text{C}$; $T_{\text{кип.}}=1335^\circ\text{C}$

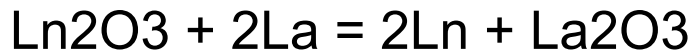
LiCl $T_{\text{пл.}}=700^\circ\text{C}$; $T_{\text{кип.}}=1400^\circ\text{C}$

Содержание La в металле < 0,01%.

Лантантермический способ получения Sm, Eu, Yb

Такие восстановители, как Ca, Li и другие восстанавливают до Sm^{2+} , Eu^{2+} и Yb^{2+}

Поэтому восстанавливают из оксидов лантаном с одновременной дистилляцией образующегося металла.

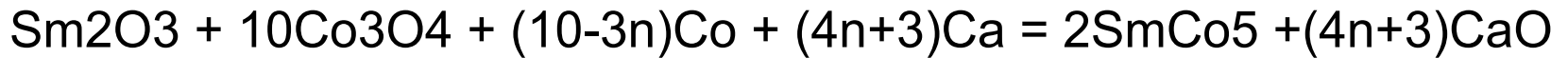


La $T_{\text{пл.}} = 921^\circ\text{C}$; $T_{\text{кип.}} = 3457^\circ\text{C}$.

T процесса = 1400°C , вакуум, конденсатор над тиглем ($300\text{-}400^\circ\text{C}$), крупнокристаллический осадок. Дистиллят переплавляют в дуговой печи с нерасходуемым электродом.

Получение сплавов для постоянных магнитов

Получение сплавов SmCo_5 внепечным способом:

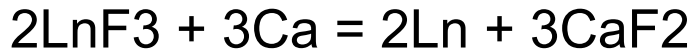


Получение сплавов $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ внепечным способом:



Кальциетермическое восстановление из фторидов

За исключением Sm, Eu, Yb.



Т процесса 1700 - 1800°C

Стружка Ca изб. 10-20%;

Вакуумирование;

Заполнение аргоном.

Индукционный нагрев.

Тигель танталовый.

Плавка идет 15 мин. (разделение шлака и слитка).

Слиток содержит до 2% Ca, поэтому требуется индукционный переплав в танталовых тиглях. При этом содержание Ta растет от 0,03 до 0,5%.