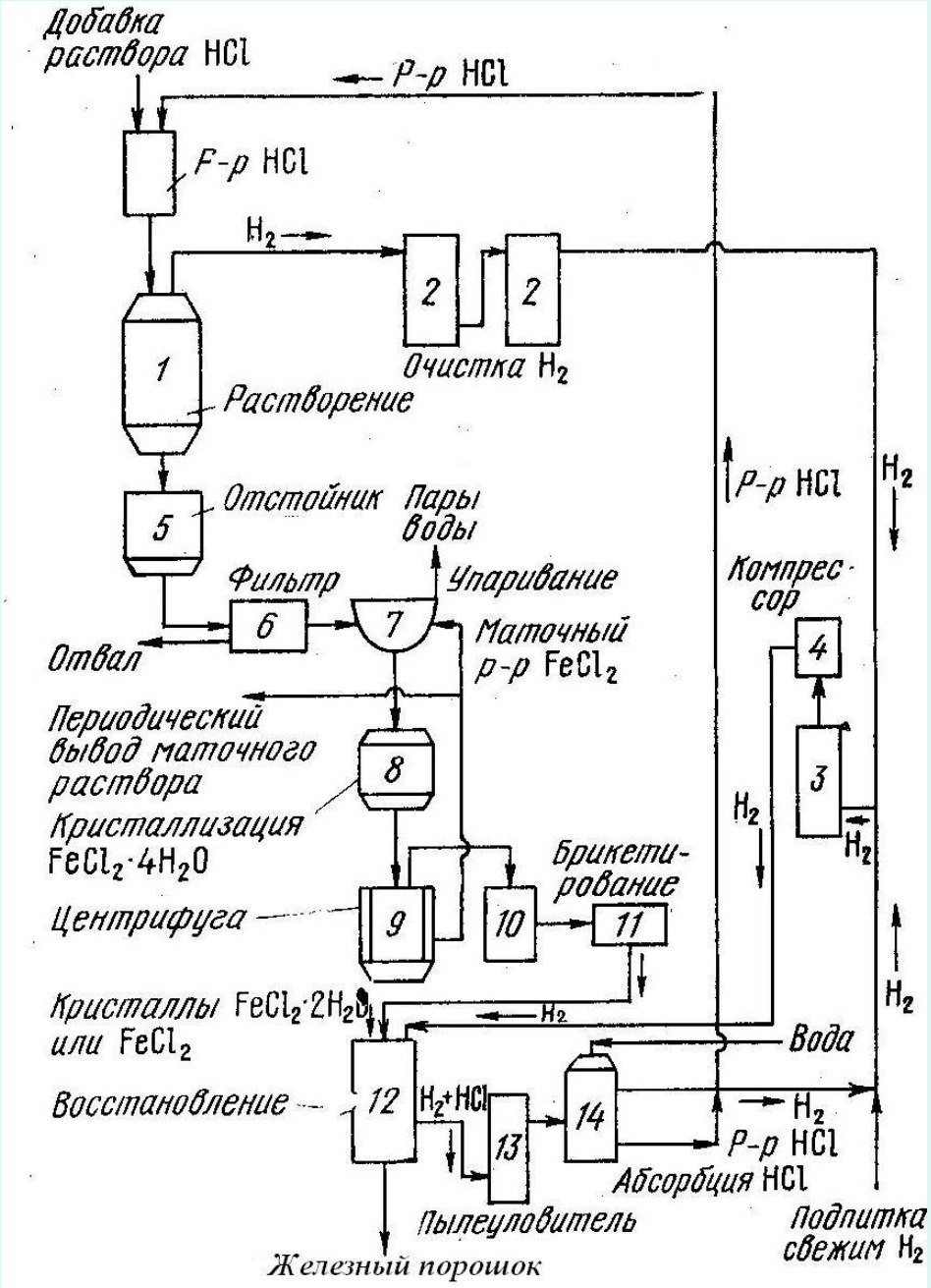
Химико-металлургические методы

- Хлоридный метод;
- Металлотермические методы (гидридно-кальциевый, карбидо-термический и др.);
- Методы термодиффузионного насыщения;

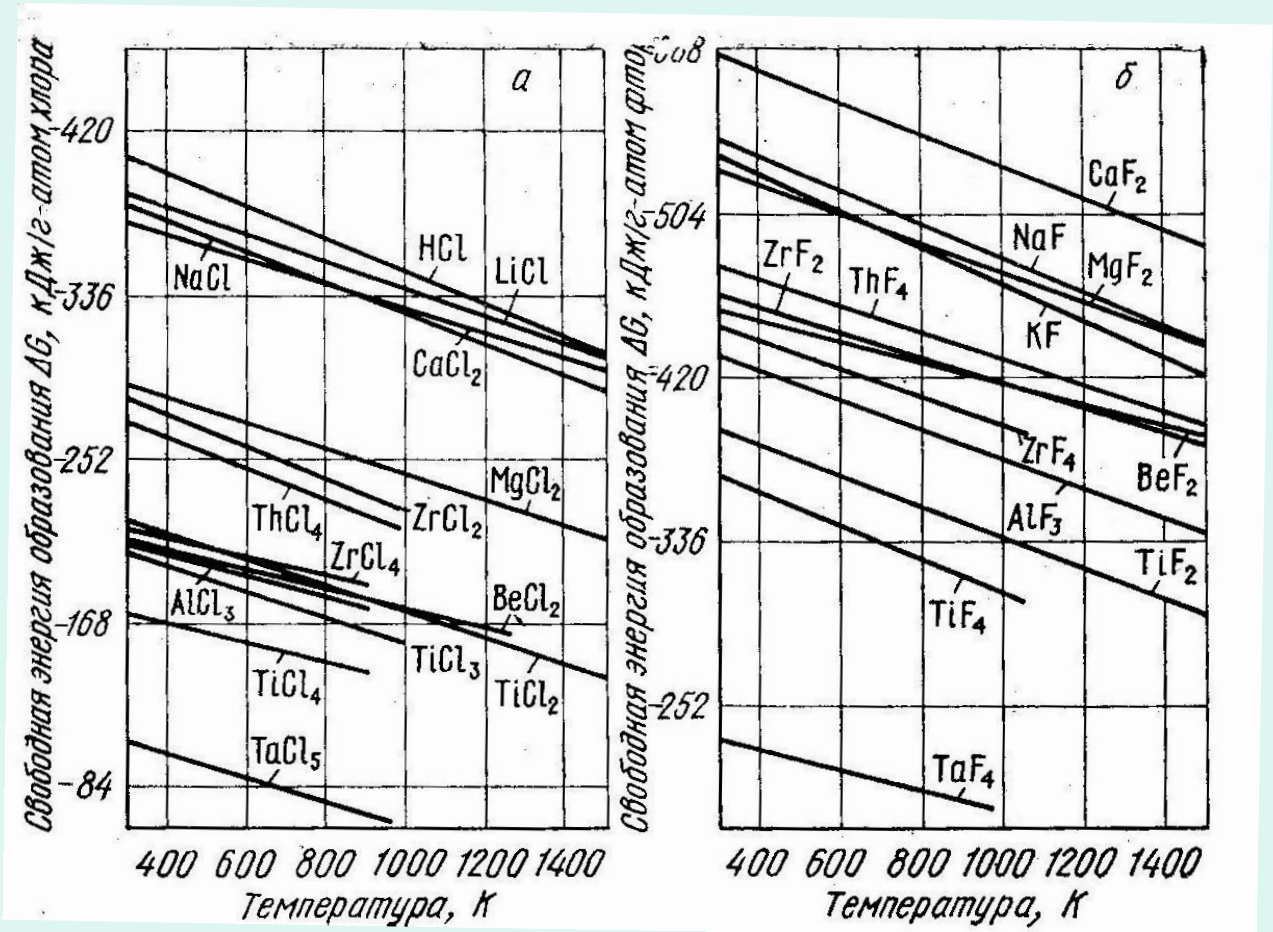
Хлоридный метод



- $FeCl_2 + H_2 = Fe + 2\ HCl.$

Металлотермические методы

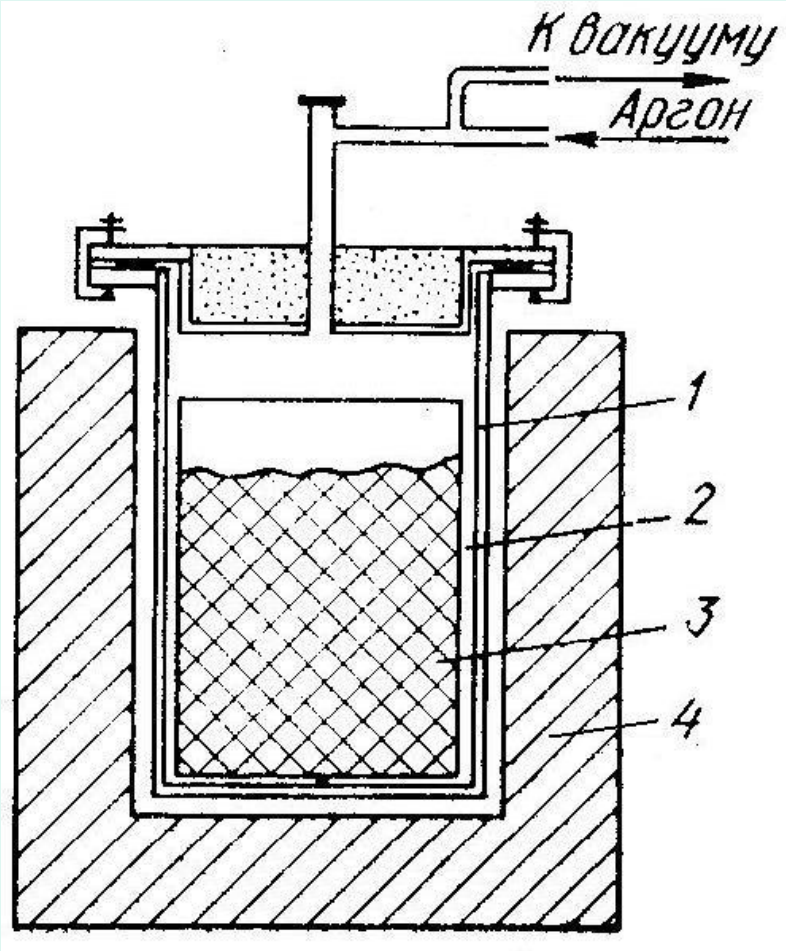
- *MeX+Me'= Me+Me'X + Q*
- *MeX+Me'H= Me + Me'X+HX ±Q*
- *MeX + Me'H = MeH +Me'x ± Q*
- Где Me - *Ti*, *Zr*, *Nb, Be*, *Ta* и др.



Требования к восстановителю

- 1) металл-восстановитель должен обеспечивать наиболее полное восстановление при возможно меньшем подводе тепла извне;
- 2) образующийся шлак, а также избыток восстановителя должны легко отделяться от получаемого металла (путем отмывки, отгонки в вакууме, отшлаковывания);
- 3) восстановитель должен быть высокой чистоты, чтобы избежать загрязнения получаемого металла примесями;
- 4) восстановитель должен мало растворяться в получаемом металле и не образовывать с ним устойчивых химических соединений;
- 5) восстановитель должен быть относительно дешевым и недефицитным.

Восстановление двуокиси титана кальцием

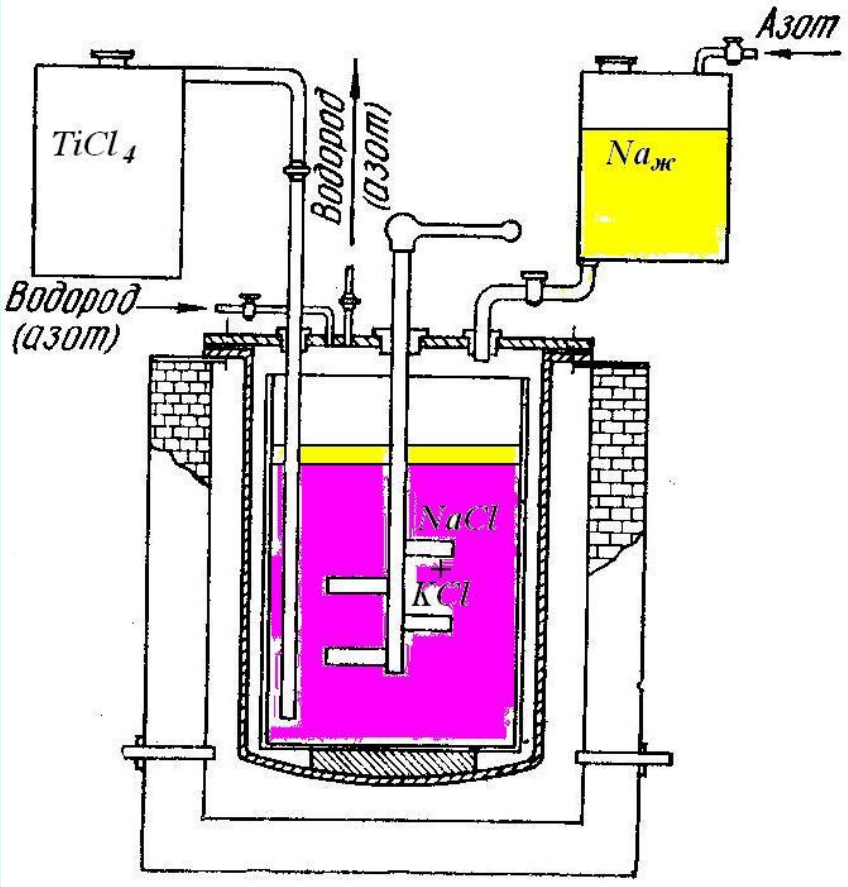


- 1- реторта;
- 2 – стальной тигель;
- 3 – шихта;
- 4 – электропечь
- $TiO_2 + 2Ca \leftrightarrow Ti + 2CaO + 360$ кДж
- $TiO_2 + Mg \leftrightarrow Ti[O] + MgO$

Восстановление диоксида титана и диоксида циркония гидридом кальция

- CaH_2 — Ca +$2H$
- $ZrO_2 + 2CaH_2 = ZrH_2 + 2CaO + H_2$

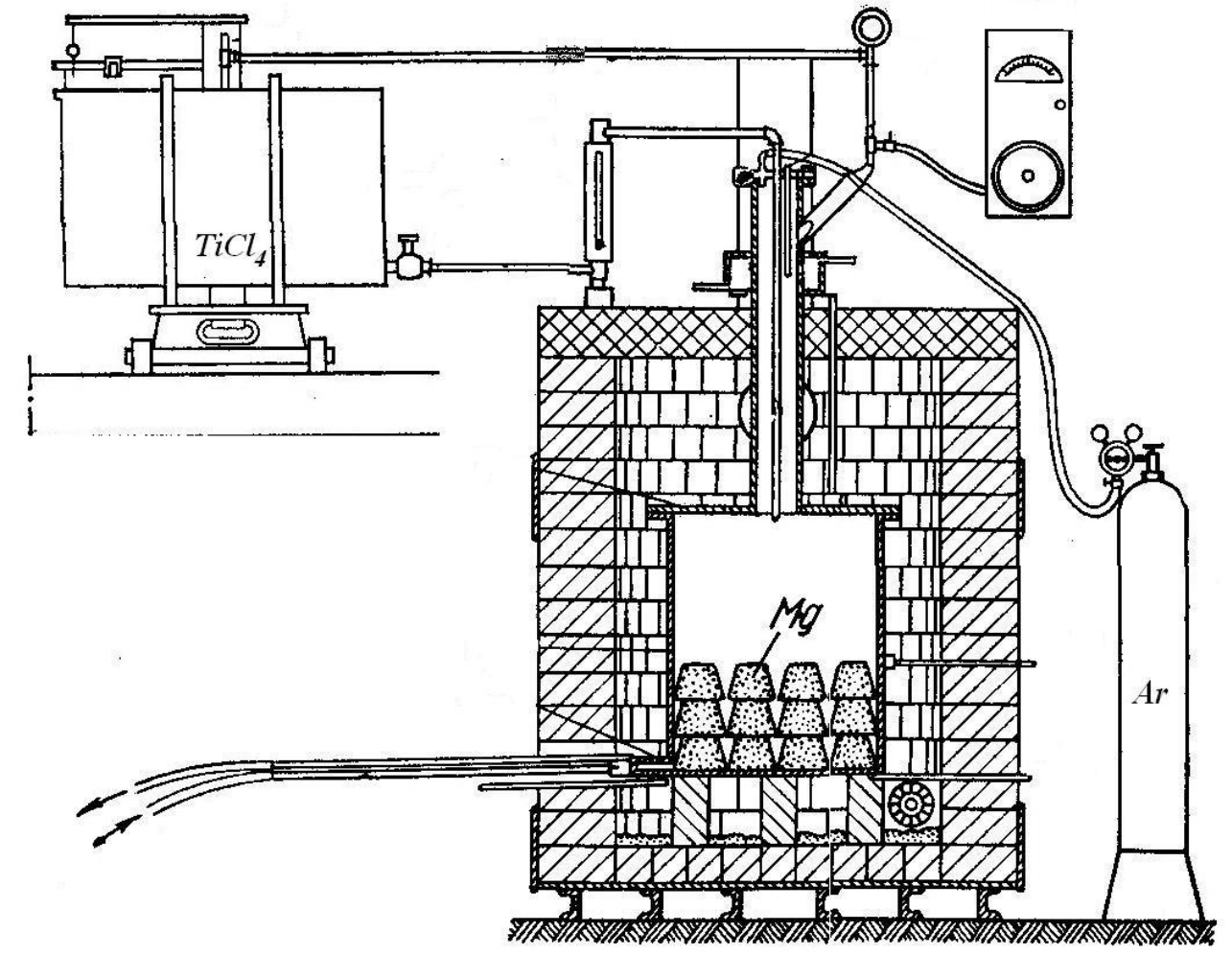
Восстановление хлорида титана натрием



- $TiCl_4 + 4\ Na_ж = Ti + 4\ NaCl_ж + 728$ кДж

Восстановление четыреххлористого титана магнием

- $TiCl_{4(газ)} + 2Mg_{(ж)} = 2MgCl_{2(ж)} + Ti(т) + 514,3$ кДж



Восстановление фторотанталата калия натрием

- $K_2TaF_7 + 5Na \rightarrow Ta + 5NaF + 2KF + 1500$ кДж/моль

Восстановление фтороцирконата калия натрием

- $K_2ZrF_6 + 4Na \rightarrow Zr + 4NaF + 2KF + 1100$ *кДж/моль*