

Тема 16.

ПОЛУЧЕНИЕ

МЕТАЛЛИЧЕСКОГО УРАНА

Методы получения металлического урана:

- **восстановление оксидов урана активными металлами, их соединениями, углеродом;**
- **восстановление галоидных соединений (галогенидов) урана кальцием или магнием;**
- **получение урана электролитическим путем;**
- **термическая диссоциация оксидов и галоидных соединений урана.**

Зависимость величины свободной энергии образования оксидов от температуры

Оксид	Свободная энергия образования при температуре К, кДж/г·атом кислорода					$t_{\text{пл}},$ °С	$t_{\text{кип}},$ °С
	500	1000	1500	2000	2500		
CaO	- 72,3	- 67,4	- 60,6	- 53,8	- 44,4	2572	2850
MgO	- 68,7	- 62,7	- 55,9	- 41,8	- 29,3	2640	2800
Al ₂ O ₃	- 65,6	- 59,6	- 55,9	- 49,1	- 48,1	2050	2980
UO ₂	- 62	- 57,5	- 51,6	- 46,5	- 42,9	2230	-
Na ₂ O	- 43,9	- 35,5	- 22,5	- 6,3	-	-	-

Зависимость величины свободной энергии образования фторидов от температуры

Фторид	Свободная энергия образования при температуре, К, кДж/г·атом фтора					$t_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
	500	1000	1500	2000	2500		
CaF_2	-29,7	-27,5	-25,7	-23,5	-20,5	1418	2500
NaF	-27,3	-24,6	-23,5	-20,9	-16,1	995	1700
MgF_2	-26,4	-24,4	-21,6	-19,2	-16,72	1263	2260
UF_4	-22,4	-20,5	-18,7	-17,6	-17,2	960	1723
AlF_3	-21,8	-9,8	-17,6	-18,3	-19,8	1040	1260

При выборе металла-восстановителя учитывают:

- термодинамическую прочность образующихся веществ;
- возможность загрязнения металлического урана восстановителями;
- летучесть металла-восстановителя;
- полноту разделения продуктов реакции.

Металлотермический процесс восстановления UF_4 :



Зависимость величины свободной энергии образования фторидов от температуры

Фторид	Свободная энергия образования при температуре, К, кДж/г·атом фтора					$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	$t_{кип}, ^\circ\text{C}$
	500	1000	1500	2000	2500		
CaF_2	- 29,7	- 27,5	- 25,7	- 23,5	- 20,5	1418	2500
NaF	- 27,3	- 24,6	- 23,5	- 20,9	- 16,1	995	1700
MgF_2	- 26,4	- 24,4	- 21,6	- 19,2	- 16,72	1263	2260
UF_4	- 22,4	- 20,5	- 18,7	- 17,6	- 17,2	960	1723
AlF_3	- 21,8	- 9,8	- 17,6	- 18,3	- 19,8	1040	1260

Температуры кипения и плавления некоторых металлов

Металл	$t_{\text{ПЛАВЛ}}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{КИП}}, \text{ }^{\circ}\text{C}$
U	1132	3818
Ca	850	1400
Mg	651	1105
Al	660	2330
Na	97,5	892

Восстановление тетрафторида урана кальцием и магнием



(1463 кДж/кг шихты),



(969,7 кДж/кг шихты).

Преимущества магния как металла-восстановителя:

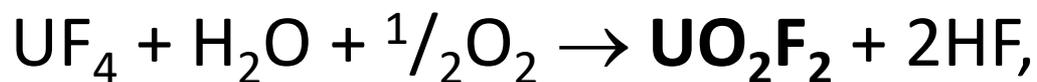
- менее подвержен окислению на воздухе и может быть получен в виде мелких стружек и порошка;
- дешевле кальция;
- атомная масса магния (24) меньше атомной массы кальция (40), поэтому требуется меньший расход магния (в кг).

Недостаток магния: при восстановлении выделяется тепла значительно меньше, чем при восстановлении кальцием.

Расчетные теоретические температуры:

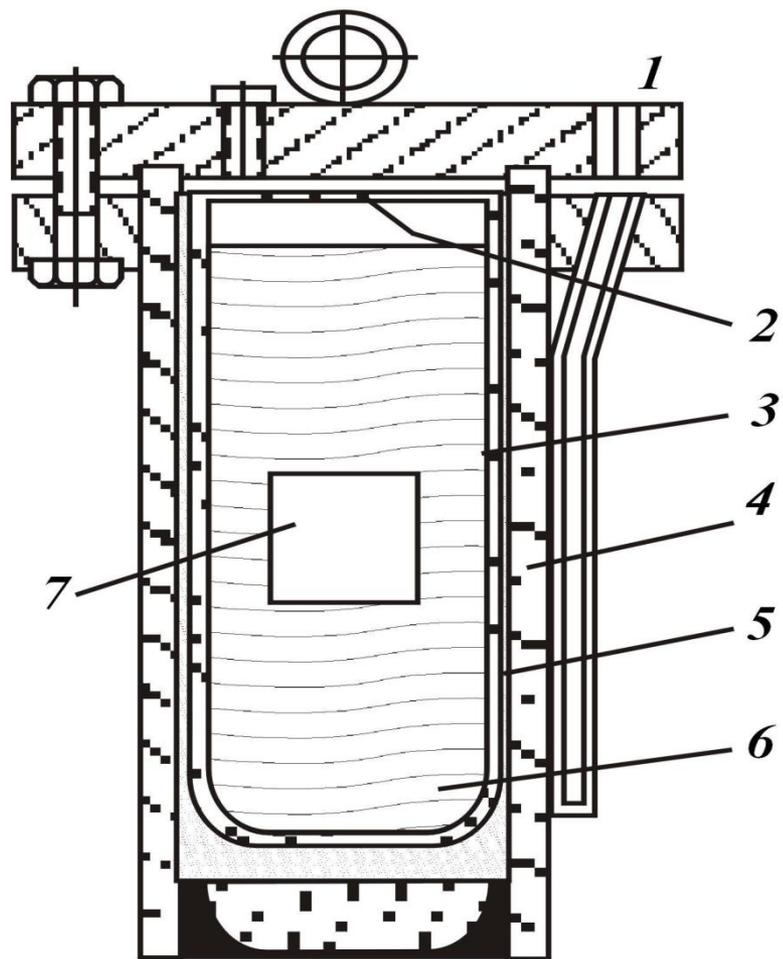
- для кальцийтермического процесса 2240 °С,
- для магнийтермического – 1265 °С.

Если *в шихте и футеровке присутствуют влага и кислород*, то при восстановлении могут протекать реакции:

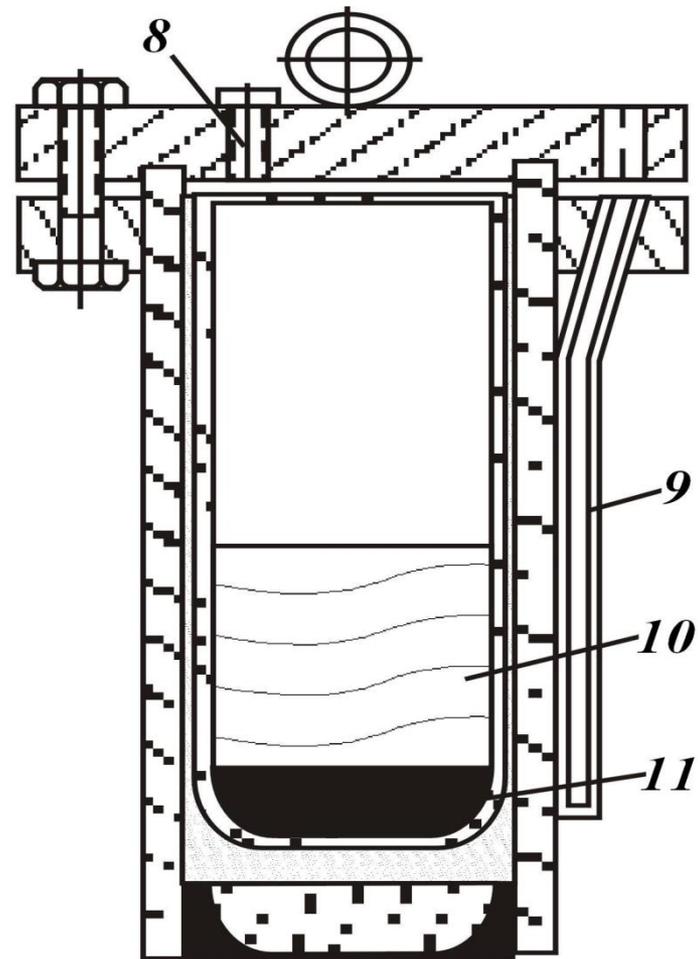


⇒ **Снижение извлечения урана в черновой мет. и ухудшение разделения продуктов плавки.**

*Схема реактора для получения небольших количеств
обогащенного урана кальцийтермическим восстановлением
тетрафторида урана*



a



б

Схема реактора:

***а** – перед восстановлением;*

***б** – после восстановления урана:*

1 – прокладка;

2 – крышка из MgO; 3

– футеровочный тигель из MgO;

4 – корпус из нержавеющей стали;

5 – порошок MgO;

6 – шихта (UF_4 , Ca);

7 – брикет обратного урана;

8 – заглушка отверстия вакуумирования;

9 – карман для термопары;

10 – шлак;

11 – слиток

РАФИНИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО УРАНА

Источники загрязнения металлического урана:

- примеси исходной соли урана,
- примеси металла-восстановителя,
- взаимодействие с футеровочными материалами,
- взаимодействие с компонентами окружающей атмосферы.

Рафинирование производится путем переплавки урана в вакууме при 1450–1500 °С и остат. давлении 0,1 мм рт. ст.

Очистка металлического урана от примесей

происходит в результате двух процессов, протекающих в расплаве: ***ликвации и шлакования.***

Ликвация – перераспределение (расслаивание) металла и шлаков, основанное на разнице их плотностей. Шлаки, как более легкие вещества, всплывают на поверхность расплавленного металла.

Шлакование – образование в расплавленном металле новых шлаков из примесей в результате протекания химических реакций между ними, что приводит к снижению примесей (кислород, углерод, азот и др.) в уране.