# Конспект занятия 15.

## Цель.

Познакомить слушателей с проблемой выбора конструкционных материалов для изделий, работающих в поле нейтронного излучения. Обратить особое внимание на пострадиационные технологические операции с изделием (в нашем случаем с облучательным устройством) по его радиационно-безопасном «захоронении». Обосновать использование теории размерностей и подобия для получения качественных представлений о степени пригодности изотопов конструкционных материалов при разработке облучательных устройств, рассмотрев список существенных величин влияющих на процесс выбора. Представить ряд предпочтительности использования изотопов в конструкциях высокотемпературных облучательных устройств.

## План.

1. Проблема выбора конструкционных материалов для изделий ядерной энерготехники.

2. список существенных величин влияющих на процесс выбора..

3. Безразмерные критерии выбора.

4.Размерный комплекс и ряд предподчительности к применению изотопов.

Составление строгих математических зависи­мостей для определения критерия выбора конструкционных материалов для облучательных устройств представляет значительную сложность, поэтому предлагается воспользоваться методом теории анали­за размерностей величин, существенно влияющих на процесс выбора материалов при разработке высокотемпературных облучательных устройств.

Список существенных величин и критерии выбора.

Выбор материалов, по-видимому, должен быть основан на оценке "сложности" проводимого эксперимента, экономических факторов и свойствах самого материала.

Рассмотрим список величин, которые могут существенно влиять на выбор материалов при реакторных испытаниях:

N = N( qv ;α ;Tисп ;[T]; t1/2 ; tисп; [σ]; C; C0 ; K ; [D] )

Обоснуем представленный список существенных величин и про­анализируем их размерности:

[qv] = Вт/см3 - объемная плотность источников тепла, вы­званная реакцией взаимодействия потоков излучений с материалом, большое значение объемной плотности характеризует более "слож­ные" условия, в которых находится материал при проведении экспе­риментов.

[α]= Вт/cm2К - коэффициент теплоотдачи, который характе­ризует взаимодействие материала в тепловом отношении с окружаю­щей средой. При больших значениях α существуют хорошие усло­вия теплообмена и, по-видимому, рассматриваемый материал находит­ся в относительно "несложных" условиях эксплуатации. Этот пара­метр описывает условия проведения эксперимента.

[Тисп ] = [[T]]= К - температура эксплуатации материала в процессе испытаний и предельно допустимая температура применения данного материала. Тисп характеризует условия проведения эксперимента. Предельная температура является характеристикой материала.

[tucn ] = [t1/2]= час - продолжительность испытаний и период полураспада изотопа, образовавшегося в результате облучения данного материала нейтронами.

Продолжительность испытаний является характеристикой эксперимента и предъявляет определенные требования к надежности испытательного устройства. Эксперимент следует считать более сложным при большем tисп .

Период полураспада характеризует возможности проведения перегрузочных и ремонтных работ над устройством или элементом устройства, который включает в себя данный материал. Эта вели­чина может характеризовать также цикличность использования эле­мента с точки зрения возможности начала ремонтных работ, исходя из радиационной безопасности для персонала,

[ [ σ] ] = кГ/см2 - допустимое напряжение для материала при механических воздействиях на данный элемент. Эта величина явля­ется характеристикой материала и зависит от вида напряженного состояния.

[С ] = рубль/кГ - стоимость за килограмм материала.

[Со] = рубль/час - стоимость эксплуатации элемента или уст­ройства, затраты на изготовление элемента.

[K] = р/час - гамма-постоянная изотопа, образовавшегося в результате облучения нейтронами. Эта величина характеризует энергетический спектр гамма-излучения и является характеристикой материала. Она определяет также защитные меры при проведении ремонтных и перегрузочных работ с элементом или устройством.

[[D]] = р/час - допустимая мощность дозы, определяющая   
возможные границы работы с элементом.

Анализ размерностей списка существенных величин дает n = 11

- число существенных величин и к=6 - число единиц измерения, имеющих независимые размерности. В соответствии с **π**- теоремой число критериев, определяющих процесс выбора, равно (n-k) = 5.

В результате приведения системы к безразмерному виду имеем:

N=(qv  C0 /T2исп α2 C)n1  (T2исп α2 tисп C/[σ] C0)n2(t1/2 /tисп)n3  (Tисп/[T])n4  (K /[D])n5

Полученная функциональная зависимость для N от безразмерных критериев может быть уточнена экспериментально, однако, это представляет достаточно сложную и дорогостоящую задачу.

Для качественных оценок возможно ввести некоторые гипотезы, ограничивающие выбор n, они сводятся к следующему:

1.Все рассматриваемые величины существенно влияют на выбор материала, т.е. ни одна из величин не должна выпасть из рассмотрения (сократиться).

2.Совокупность величин, описывающая свойства материала  
или "сложность" условий эксперимента, должна представляться в  
таком виде, чтобы «лучшему» из материалов соответствовало больше или меньшее значение размерного комплекса.

3.Существенно меняющиеся величины должны иметь меньшее  
значение степени, чтобы их вклад был близок по отношению к мало меняющимся.

Одним из вариантов компоновки критерия выбора материала, удовлетворяющим перечисленным требованиям, служит следующее представление критерия (n1=1, n2=1/2, n3=1/4, n4=2, n5=1):

N = (qvC0/T2испα2C)1 (T2исп α2 tисп C / [σ] C0)1/2(t1/2/tисп)0,25 (Tисп/[T])2 (K/[D])1

Плотность внутренних источников тепла можно представить в следующем виде:

qv = А γ Σ Ф Е / µ

где

А - число Авогадро;

µ - молекулярный вес;

Σ - сечение взаимодействия;

Ф - плотность потока излучения;

Е - количество тепла на один акт взаимодействия;

После подстановки qv в N, последний может быть представлен как произведение двух размерных комплексов:

N = V \* W

где

V = Ф Е Tисп C00,5 tисп0,25/ α [D] С0,5

W = А γ Σ K t1/20.25 / µ [σ]0.5 [T]2

Нас интересует размерный комплекс W , который описывает свойства материалов. Очевидно, что материал обладает "лучшими" радиационно-физичесними свойствами, если величины γ, Σ, K, t1/2 имеют меньшие значения, а [σ], [Т] велики.

Таким образом, меньшему значению W отвечает "лучший" мате­риал. Рассмотрев ряд изотопов, которые могут служить конструкционными материалами, либо могут использоваться при конструиро­вании облучательных устройств (таб.4.1) приходим выводу, что в соответствие с предпочтительностью к применению

(меньшее зна­чение W) в высокотемпературных реакторных установках изото­пы следует расположить в следующем порядке:

**Мо , Ti, Zr, АI, Gr, V, Ni, Zn, Nb, Сu, W, Ta, Fe, Ag.**

В этом ряду не присутствуют соединения и сплавы, однако, величина W может быть рассчитана и для них.

Таб. 4.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **µ** | **γ** | **Σ** | **Κγ** | **τ1/2** | **[σ]** | **[Тпл]** | **W\*106** |
| **Al**  **27** | 2.7 | 0.23 | 8.6 | 0.042 | 5 | 933 | 0.031 |
| **V**  **51** | 6.1 | 4.5 | 7.33 | 0.064 | 36 | 2170 | 0.042 |
| **Ti**  **48** | 4.5 | 0.2 | 2.34 | 0.097 | 43 | 2000 | 0.0006 |
| **Cr**  **50** | 7.2 | 11.0 | 0.18 | 668 | 38 | 2150 | 0.0336 |
| **Fe**  **58** | 7.8 | 0.7 | 6.25 | 1084 | 36 | 1810 | 0.103 |
| **Ni**  **64** | 8.9 | 2.6 | 3.12 | 2.56 | 41 | 1725 | 0.0445 |
| **Cu**  **63** | 8.9 | 3.9 | 1.19 | 12.8 | 20 | 1356 | 0.095 |
| **Zn**  **65** | 7.1 | 0.5 | 2.83 | 6000 | 4 | 694 | 0.085 |
| **Zr**  **94** | 5.5 | 0.08 | 4.22 | 1560 | 50 | 2123 | 0.028 |
| **Nb**  **93** | 8.6 | 1.1 | 9.01 | 10 | 64 | 2730 | 0.88 |
| **Mo**  **98** | 10.2 | 0.13 | 1.45 | 67.1 | 64 | 2860 | 0.0006 |
| **Ag**  **109** | 10.5 | 2.8 | 15.4 | 6500 | 4 | 1233 | 7.0 |
| **Ta**  **181** | 16.6 | 21 | 1.0 | 2670 | 49 | 3260 | 0.102 |
| **W**  **186** | 19.3 | 40 | 3.12 | 24 | 144 | 3660 | 0.1 |