Vareta de control - Barra de cadmi

Autor:
Data de publicació: 04-09-2020

Les varetes de control s'utilitzen en reactors nuclears per controlar la taxa de fissió d'urani o plutoni. Les seves composicions inclouen elements químics com el bor, el cadmi, la plata o l'indi,que són capaços d'absorbir molts neutrons sense fissió. Aquests elements tenen diferents seccions transversals de captura de neutrons per a neutrons de diverses energies. Reactors d'aigua bullint (BWR), reactors d'aigua pressuritzada (PWR) i reactors d'aigua pesada (HWR) operen amb neutrons tèrmics, mentre que els reactors de criadors funcionen amb neutrons ràpids. Cada disseny del reactor pot utilitzar diferents materials de vareta de control basats en l'espectre energètic dels seus neutrons.

Muntatge de vareta de control per a un reactor d'aigua pressuritzada, per sobre de l'element de combustible

Les varetes de control s'utilitzen en reactors nuclears per controlar la taxa de fissió d'urani o plutoni. Les seves composicions inclouen elements químics com el bor, el cadmi, la plata o l'indi,que són capaços d'absorbir molts neutrons sense fissió. Aquests elements tenen diferents seccions transversals de captura de neutrons per a neutrons de diverses energies. Reactors d'aigua bullint (BWR), reactors d'aigua pressuritzada (PWR) i reactors d'aigua pesada (HWR) operen amb neutrons tèrmics, mentre que els reactors de criadors funcionen amb neutrons ràpids. Cada disseny del reactor pot utilitzar diferents materials de vareta de control basats en l'espectre energètic dels seus neutrons.

Contingut

Principi de funcionament

Diagrama de reactors de 1943 utilitzant varetes de control de bor

Les varetes de control s'insereixen en el nucli d'un reactor nuclear i s'ajusten per controlar la velocitat de la reacció de la cadena nuclear i, d'aquesta manera, la potència tèrmica del reactor, la velocitat de producció de vapor i la sortida d'energia elèctrica de la central elèctrica.

El nombre de barres de control inserida, i la distància a la qual s'insereixen, influeixen fortament en la reactivitat del reactor. Quan la reactivitat (com a factor eficaç de multiplicació de neutrons)està per sobre d'1, la taxa de reacció de la

cadena nuclear augmenta exponencialment amb el temps. Quan la reactivitat està per sota d'1, la taxa de la reacció disminueix exponencialment amb el temps. Quan totes les barres de control estan completament inserida, mantenen la reactivitat a penes per sobre de 0, el que ràpidament alenteix un reactor en execució a una parada i el manté aturat (en apagat). Si totes les barres de control s'eliminen completament, la reactivitat està significativament per sobre de l'1, i el reactor s'executa ràpidament més calent i més calent, fins que algun altre factor alenteix la velocitat de reacció. Mantenir una potència constant requereix mantenir el factor mitjà de multiplicació de neutrons a llarg termini prop d'1.

S'acobla un nou reactor amb les seves varetes de control totalment inserida. Les varetes de control s'eliminen parcialment del nucli per permetre que la reacció de la cadena nuclear per posar-se en marxa i augmentar al nivell d'energia desitjat. El flux de neutrons es pot mesurar, i és aproximadament proporcional a la velocitat de reacció i el nivell de potència. Per augmentar la potència de sortida, algunes varetes de control es treuen una petita distància durant un temps. Per disminuir la potència de sortida, algunes varetes de control s'empenyen en una petita distància durant un temps. Diversos altres factors afecten la reactivitat; per compensar-los, un sistema de control automàtic ajusta les barres de control de petites quantitats en o fora, segons sigui necessari. Cada vareta de control influeix en una part del reactor més que altres; es poden fer ajustos complexos per mantenir taxes de reacció i temperatures similars en diferents parts del nucli.

El temps d'apagada típic per als reactors moderns com el reactor pressuritzat europeu o el reactor CANDU avançat és de 2 segons per a la reducció del 90%, limitat per la calor de la decadència.

Les barres de control s'utilitzen generalment en muntatges de vareta de control (típicament 20 varetes per a un muntatge comercial de PWR) i s'insereixen en tubs guia dins dels elements de combustible. Les barres de control sovint es troben verticalment dins del nucli. En pwrs s'insereixen des de dalt, amb els mecanismes d'accionament de vareta de control muntats al capçal del recipient de pressió del reactor. En BWRs, a causa de la necessitat d'un assecador de vapor per sobre del nucli, aquest disseny requereix la inserció de les barres de control des de sota.

Materials

La secció transversal d'absorció per 10B (part superior) i 11B (inferior) en funció de l'energia

Els elements químics amb seccions creuades de captura de neutrons útilment altes inclouen plata,indi i cadmi. Altres elements candidats inclouen
bor, cobalt, hafnium, samarium, europium, gadolini, terbium, dysprosium, alzina, erbium, thulium, ytterbium, i lutetium. [1] També es poden utilitzar aliatges o compostos, com ara acerd'alta bor,[2] aliatge de plata-indium-cadmi, carbur de bor, diborida de zirconi, diborida de titani, diborida d'hafnium, nitrat de gadolini, titanat de gadolini, titanat de dysprosium, i boronide carb–europium hexaboride composite. [4] [4]

L'elecció del material està influenciada per l'energia de neutrons en el reactor, la seva resistència a la inflor induïda per neutrons,i les propietats mecàniques i de vida útil necessàries. Les varetes poden tenir la forma de tubs plens de grànuls absorbents de neutrons o pols. Els tubs poden ser d'acer inoxidable o altres materials de "finestra de neutrons" com el zirconi, el crom, el carbur de silici,o el cúbic 11
B15
N (N) (nitrur de bor cúbic). [5] [5]

El burnup de "verícremable" isòtops també limita la vida útil d'una vareta de control. Es poden reduir mitjançant l'ús d'un element com l'hafnium, un "verí no cremable" que captura múltiples neutrons abans de perdre l'eficàcia, o per no utilitzar amortidors de neutrons per retallar. Per exemple, en reactors de llit de còdols o en possibles reactors de liti-7de nou tipus -moderats i refrigerats que utilitzen còdols de combustible i amortidor.

Alguns elements de terres rares són excel·lents amortidors de neutrons i són menys rars que la plata (reserves d'uns 500.000t). Per exemple, ytterbium (reserves d'aproximadament 1 M tones) i yttrium, 400 vegades més comú, amb valors de captura mitjana, es poden trobar i utilitzar junts sense separació dins de minerals com xenotime (Yb)

(Yb0.40Y0.27Lu0.12Er0.12Dy0.05Tm0.04Ho0.01)PO4,[6] o keiviite (Yb)
(Yb1.43Lu0.23Er0.17Tm0.08Y0.05Dy0.03Ho0.02)2Si2O7, baixant el cost. [7] Xenon és també un fort amortidor de neutrons com a gas, i es pot utilitzar per controlar i (emergència) aturar reactors d'helirefredats, però no funciona en casos de pèrdua de pressió, o com un gas de protecció que crema juntament amb argó al voltant de la part del vaixell especialment en cas de reactors de captura de nucli o si s'omple de sodi o liti. El xenó produït per fissió es pot utilitzar després d'esperar que el cesi es precipita, quan pràcticament no queda radioactivitat. Cobalt-59 també s'utilitza com a absorbent per guanyar cobalt-60 per a la producció de raigs X. Les varetes de control també es poden construir com varetes girables gruixudes amb un reflector de tungstè i un costat absorbent convertit en parada per una molla en menys d'1 segon.

Aliatges silver-indium-cadmium, generalment 80% Ag, 15% In, i 5% Cd, són un material de vareta de control comú per a reactors d'aigua pressuritzada. [8] Les regions d'absorció d'energia una mica diferents dels materials fan de l'aliatge un excel·lent amortidor de neutrons. Té bona resistència mecànica i es pot fabricar fàcilment. S'ha d'envasar en acer inoxidable per evitar la corrosió en aigua calenta. [9] Tot i que l'indi és menys rar que la plata, és més car.

Boron és un altre amortidor comú de neutrons. A causa de les diferents seccions transversals de 10B i 11B, els materials que contenen bor enriquits en 10B per separació isotòpica s'utilitzen amb freqüència. L'ampli espectre d'absorció del bor també el fa adequat com a escut de neutrons. Les propietats mecàniques del bor en la seva forma elemental són inadequades, i per tant s'han d'utilitzar aliatges o compostos. Les opcions comunes són l'acer d'alta bor i el carbur de bor. Aquest últim s'utilitza com a material de vareta de control tant en PWRs com en BWRs. 10B/11B la separació es realitza comercialment amb centrífugues de gas sobre BF3,però també es pot fer sobre BH3 de la producció de borane o directament amb una centrifugació de fusió optimitzada energèticament, utilitzant la calor del bor acabat de separar per a la preescalfament.

Hafnium té excel·lents propietats per a reactors que utilitzen aigua tant per a la moderació com per al refredament. Té bona resistència mecànica, es pot fabricar fàcilment, i és resistent a la corrosió en aigua calenta. [10] L'hafnium es pot aliat amb altres elements, per exemple, amb llauna i oxigen per augmentar la resistència a la tracció i el creep, amb ferro, cromi niobi per a la resistència a la corrosió, i amb molibdè per a la resistència al desgast, la duresa i la maquinària. Aquests aliatges són designats com Hafaloy, Hafaloy-M, Hafaloy-N i Hafaloy-NM. [11] L'alt cost i la baixa disponibilitat d'hafnium limiten el seu ús en reactors civils, encara que s'utilitza en alguns reactors de la Marina dels Estats Units. El carbur d'hafnium també es pot utilitzar com un material insoluble amb un punt de fusió alt de 3890 °C i densitat superior a la de diòxid d'urani per enfonsar-se, sense fondre, a través del corium.

El titanat de dysprosium estava sent objecte d'avaluació per a varetes de control d'aigua pressuritzades. El titanat de dysprosium és un reemplaçament prometedor per aliatges Ag-In-Cd perquè té un punt de fusió molt més alt, no tendeix a reaccionar amb materials de revestiment, és fàcil de produir, no produeix residus radioactius, no s'infla i no outgas. Va ser desenvolupat a Rússia i és recomanat per alguns per als reactors VVER i RBMK. [12] Un desavantatge és menys l'absorció de titani i òxid, que altres elements absorbents de neutrons no reaccionen amb els ja alts materials de revestiment de punt de fusió i que només utilitzant el contingut no mesurat amb disprosi dins de minerals com Keiviit Yb dins del crom, sic o tubs c11B15N ofereixen un preu superior i absorció sense inflor i outgassing.

Hafnium diboride és un altre material d'aquest tipus. Es pot utilitzar sol o en una barreja sinteritzat d'hafnium i pols de carbur de bor. [13] [13]

Es poden utilitzar molts altres compostos d'elements de terres rares, com el samari amb europium i boride de samari,que ja s'utilitza en la indústria del color. [14] Compostos menys absortius de bor similars al titani, però barats, com el molibdè com el Mo2B5. Atès que tots s'inflen amb bor, a la pràctica altres compostos són millors, com ara carburs, etc., o compostos amb dos o més elements absorbents per neutrons junts. És important que el tungstè, i probablement també altres elements com el tàntal,[15] tenen les mateixes qualitats de captura altes que l'hafnium,[16] però amb l'efecte contrari. Això no és explicable només per la reflexió de neutrons. Una explicació òbvia són els raigs gamma de ressonància augmentant la relació de fissió i cria enfront de causar més captura d'urani, etc.
sobre condicions metastables com per isòtops 235mU, que té una vida mitjana d'uns 26 min.

Mitjans addicionals de regulació de la reactivitat
Altres mitjans de control de la reactivitat inclouen (per a PWR) un amortidor de neutrons soluble(àcid bòric)afegit al refrigerant del reactor, permetent l'extracció completa de les barres de control durant l'operació d'energia estacionària, assegurant una distribució uniforme de potència i flux sobre tot el nucli. Aquest shim químic,juntament amb l'ús de verins de neutrons cremables dins dels pellets de combustible, s'utilitza per ajudar a la regulació de la reactivitat a llarg termini del nucli,mentre que les varetes de control s'utilitzen per a canvis ràpids de potència del reactor (per exemple, tancament i posada en marxa). Els operadors de BWRs utilitzen el flux de refrigerant a través del nucli per controlar la

reactivitat variant la velocitat de les bombes de recirculació del reactor (un augment del flux de refrigerant a través del nucli millora l'eliminació de bombolles de vapor, augmentant així la densitat del refrigerant /moderador,augmentant la potència).

Seguretat
En la majoria dels dissenys del reactor, com a mesura deseguretat, les barres de control s'uneixen a la maquinària d'elevació per electroimants,en lloc de la vinculació mecànica directa. Això significa que en cas d'avaria elèctrica, o si s'invoca manualment a causa de la fallada de la maquinària d'elevació, les barres de control cauen automàticament, sota gravetat, tot el camí a la pila per aturar la reacció. Una excepció notable a aquest mode d'operació no segur és la BWR, que requereix inserció hidràulica en cas d'apagada d'emergència, utilitzant aigua d'un tanc especial sota alta pressió. Ràpidament tancar un reactor d'aquesta manera es diu scramming.

Prevenció d'accidents de crítics
La mala gestió o el fracàs de la vareta de control sovint han estat culpats d'accidents nuclears, incloent l'explosió sl-1 i el desastre de Txernòbil. Els amortidors homogenis de neutrons s'han utilitzat sovint per gestionar accidents de crítics que impliquen solucions aqües de metalls pòssils. En diversos d'aquests accidents, ja sigui borax (boratede sodi) o un compost de cadmi s'ha afegit al sistema. El cadmi es pot afegir com un metall a solucions d'àcid nítric de material fissil; la corrosió del cadmi en l'àcid generarà nitrat de cadmi in situ.

En reactors refrigeratsper diòxid de carboni com l'AGR,si les varetes de control sòlid no aconsegueixen aturar la reacció nuclear, el gas nitrogen es pot injectar en el cicle de refrigerant primari. Això es deu al fet que el nitrogen té una secció transversal d'absorció més gran per als neutrons que el carboni o l'oxigen; per tant, el nucli es torna menys reactiu.

A mesura que augmenta l'energia dels neutrons, la secció transversal de neutrons de la majoria dels isòtops disminueix. L'isòtop bor 10B és responsable de la majoria de l'absorció de neutrons. Els materials que contenen bor també es poden utilitzar com a blindatge de neutrons, per reduir l'activació de material prop d'un nucli de reactor.

Vegeu també

Energia nuclear
Reactor nuclear
Seguretat nuclear
Efecte Wigner

Referències

^ dades d'ytterbium (n.gamma) amb base de dades japonesa o russa
^ limitat a utilitzar només en reactors de recerca a causa de l'augment de la inflamació de l'heli i el liti a causa de l'absorció de neutrons de bor en la reacció (n, alfa)
^ injectat en D2O moderador del reactor CANDU avançat
^ Sairam K, Vishwanadh B, Sonber JK, et al. Competència entre la densificació i el desenvolupament de microestructura durant l'interització de plasma espurna de B4C-Eu2O3. J Am Ceram Soc. 2017;00:1–11. https://doi.org/10.1111/jace.15376
^ Antoni Monterrosa; Anagha Iyengar; Alan Huynh; Chanddeep Madaan (2012). "Ús i control de Boron en PWRs i FHRs" (PDF).
^ Harvey M. Buck, Mark A. Cooper, Petr Cerny, Joel D. Grice, Frank C. Hawthorne: Xenotime-(Yb), YbPO4,una nova espècie mineral del grup pegmatite del llac Shatford, al sud-est de Manitoba, Canadà. A: Mineralogist canadenc. 1999, 37, S. 1303–1306 (Resum en Mineraloquista Americana, S. 1324; Pdf
^ A. V. Voloshin, Ja. A. Pakhomovsky, F. N. Tyusheva: Keiviite Yb2Si2O7, Un nou silicat ytterbium de pegmatites amazònics de la península de Kola. A: Mineralog. El zhurnal. 1983, 5-5, S. 94–99 (Resum en Mineraloquista Americana, S. 1191; PDF; 853 kB).
^ Bowsher, B. R.; Jenkins, R. A.; Nichols, A. L.; Rowe, N. A.; Simpson, J. a. H. (1986-01-01). "El comportament de la vareta de control d'indi-cadmi de plata durant un accident de reactor greu". Ukaea establiment d'energia atòmica.
^ "MATERIALS DE CONTROL". web.mit.edu. [Consulta: 2 juny 2015].
^ "Materials de control". Web.mit.edu. [Consulta: 14 agost 2010].
^ "Aliatges d'hafnium com a amortidors de neutrons". Patents gratuïtes en línia. Arxivat de l'original el 12 octubre 2008. [Consulta: 25 setembre 2008].
^ ?«Dysprosium (Z=66)» (en anglès). Everything-Science.com web.[Consulta: 25 setembre 2008].
^ "Mètode per a la fabricació de material absorbent de neutrons". Patents gratuïtes en línia. [Consulta: 25 setembre 2008].

^ "Infrarotabsorbierende Druckfarben - Dokument DE102008049595A1". Patent-de.com. 30-09-2008. [Consulta: 22 març 2014].
^ "Sigma Plots". Nndc.bnl.gov. [Consulta: 22 març 2014].
^ "Sigma taula periòdica navegar". Nndc.bnl.gov. 25-01-2007. [Consulta: 22 març 2014].
^ "Àcid bòric enriquit per reactors d'aigua pressuritzada" (PDF). Corporació EaglePicher. Arxivat de l'original el 29 novembre 2007. [Consulta: 25 setembre 2008].

Enllaços externs

Energia nuclearen els projectes germans de la Viquipèdia

Definicions de Wiktionary
A Wikimedia Commons hi ha contingut multimèdia relatiu a: A Wikimedia Commons hi
Notícies de Wikinews
Cites de Wikiquote
Textos de Wikisource
Llibres de text de Wikibooks
Recursos de la Wikiversity

Lectures addicionals

Powers, D.A. (1 d'agost de 1985). El 1997, el govern va ser un dels primers a fer-ho, i va ser un dels primers a fer-ho. Oficina d'Informació Científica i Tècnica, Departament d'Energia dels Estats Units. OSTI 6332291. CS1 maint: ref=harv (link)
Petti, D.A. (1 de març de 1987). El 1997, el govern de Silver-indium-cadmium va ser un dels primers a fer-ho, i va ser un dels primers a fer-ho. Oficina d'Informació Científica i Tècnica del Departament d'Energia dels Estats Units. OSTI 6380030. CS1 maint: ref=harv (link)
Steinbrueck, M.; Stegmaier, U. (6 de maig de 2010). "Experiments sobre la insuficiència de la vareta de control d'indi-cadmi de plata durant seqüències d'accidents greus". Institut de Tecnologia de Karlsruhe. [Consulta: 29 maig 2017].CS1 maint: ref=harv (link)

Control de l'autoritat

Modificala seva reserva web