

Återupplivad reaktorkonstruktion

HTGR - den gaskylda högtemperaturreaktorn

Kortreferat av bl a artikeln "HTGR is alive and being relaunched"
John Nedderman, Nuclear Engineering International, Oct 1998.

HTGR (High Temperature Gas cooled Reactor) ansågs under 70- och 80-talen vara ett av de mest lovande innovativa reaktorkoncepten. Reaktorn är grafitmodererad och heliumkyld, vilket gör den kemiskt inert och reaktor fysikaliskt stabil.

Den stora innovationen är emellertid bränslet, som består av små korn av klyvbart material i keramisk form (urandioxid eller -karbid), där varje korn är belagt med ett tätt skikt av pyrolytiskt kol och kiselkarbid ("coated particles").

Man kan säga att bränsleelementen har miniaturiserats i förhållande till konventionella reaktorer - från meter- till millimeterstorlek, och den gamla metalliska kapslingen har ersatts med en keramisk. Detta gör HTGR-bränslet mycket motståndskraftigt mot höga temperaturer och inre tryckuppbyggnad. Bränslekornen är packade i grafitmatriser som bestämmer härdens utformning.

Utvecklingen har skett efter två linjer - en där matriserna utgörs av stora prismatiska grafitblock med genomgående kylkanaler. Denna linje valdes av England och sedermera USA.

I det andra alternativet utgörs matriserna av sfärer, ca 6 cm i diameter. De ligger löst staplade i reaktortanken i en "bädd" som genomströmmas av helium ("pebble bed reactor", kulbäddsreaktor). Kulorna tas kontinuerligt ut från botten av tanken, kontrolleras med avseende på utbränning och eventuella skador, och återförs därefter till reaktorn eller kasseras. Kulbäddsreaktor utvecklades i Tyskland.

HTGR har flera väsentliga fördelar

Förutom de goda säkerhetsegenskaperna, som eliminerar behovet av vissa dyra säkerhetssystem, har HTGR-konceptet andra stora fördelar. Den viktigaste är den höga kylmedelstemperaturen - upp till 950 grader. Elproduktion kan då ske med gasturbiner i direktcykel, som förenklar konstruktionen och höjer verkningsgraden.

Men därutöver blir reaktorn av intresse i industriella högtemperaturprocesser, såsom vätgasframställning genom spjälkning av ånga och naturgas. Förgasning och förvätskning av kol är ett annat exempel. Tillämpningar i stålframställning nämns också.

Modulkoncept

Det breda användningsområdet och den förutsedda låga kostnaden gör att modulkoncept blivit aktuella. Utvecklingsländernas elutbyggnad kräver små enheter, vilket också är fallet för skraddarsydda processvärmeanläggningar i industrin. De små enheterna kan vid behov kopplas ihop till större kraftverk.

En nackdel som försvårat HTGRs genombrott på marknaden är att den kräver en egen bränslecykel som skiljer sig från lättvattenreaktorernas både i fråga om bränsleframställning och avfallshantering.

Historik

Av innovativa reaktorkoncept är HTGR ett av de mera beprövade. Tre experimentreaktorer togs i drift redan i slutet av 60-talet:

- *Dragon*, England, 20 MWt*, 1966-75 (OECD-projekt där även Sverige deltog)
- *Peach Bottom*, USA, 40 Mwe*, 1967-74
- *AVR*, Tyskland, 15 MWt, 1967-88.

Experimentreaktorerna följdes av två prototyper:

- *Fort St Vrain*, USA, 330 Mwe, 1976-89
- *THTR*, Tyskland, 300 MWt, 1985-89.

Särskilt FSV hade dålig tillgänglighet, främst på grund av problem med heliumcirkulatorerna, och båda reaktorerna lades ned i förtid till följd av det minskande intresset för kärnkraft.

Aktuella HTGR-projekt

Fyra HTGR-anläggningar är idag under byggnad eller på ett framskridet planeringsstadium i olika länder.

► *HTTR* (High Temperature Test Reactor) Japan. 30 MWt. Reaktorn, som är av den prismatiska typen och byggs av Japan Atomic Energy Institute (JAERI), är avsedd som prototyp för produktion av industriell processvärme, med temperatur upp till 950 grader i primärkretsen.

Anläggningen uppnådde kriticitet i november 1998, och väntas komma upp i full effekt år 2001. Ett samarbetsavtal med Sydafrika (se nedan) är nära förestående och syftar till utbyte av beräkningskoder och data.

Enligt JAERI har reaktorkonceptet så hög inneboende säkerhet att inneslutning är överflödig.

► *HTR-10*, Kina, 10 MWt. Reaktorn är av kulbäddstyp och har övertagit en del av den tyska tekniken. Den är avsedd för demonstration av modulkonceptet och syftar till framställning av både el och processvärme.

De tillämpningar som främst avses är spjälkning av metan och ånga, och på längre sikt förgasning och förvätskning av kol. Det senare skall underlätta transporten av energiråvara från avlägsna kolfält till förbrukarna. Byggnationen var slutförd hösten 1998, och man planerade kriticitet under 1999.

► *GT-MHR* (Gas Turbine-Modular Helium Reactor), 285 Mwe. Samarbetsprojekt mellan USA, Ryssland, Frankrike och Japan.

Konstruktionen är en modulär anläggning av prismatisk

* "t" avser termisk effekt, "e" avser elektrisk effekt

typ. Den har utvecklats av det amerikanska företaget General Atomic (GA, tidigare dotterföretag till Gulf), som byggt Fort St Vrain.

Det stöd som i början erhöles av US DOE drogs in 1994 som ett led i de statliga nedskärningarna på kärnkraftområdet.

GA gav då projektet en ny inriktning, nämligen förbränning av militärt plutonium, som kan ske mycket effektivt i denna reaktortyp, och fann en ny samarbetspartner i det ryska atomenergiministeriet MINATOM.

1996 resp 1997 anslöt sig den franska reaktorleverantören Framatom och det japanska företaget Fuji Electric. Dessutom kommer det statliga franska CEA att delta i säkerhetsanalysen. (Enligt uppgifter i Nucleonics Week, sommaren 1999, har US DOE återupptagit visst ekonomiskt stöd till projektet).

Ett första steg, som slutfördes i oktober 1997, resulterade i en principkonstruktion. Nästa steg omfattar detaljkonstruktionen och ett parallellt FoU-program, som beräknas ta fem år, dvs till och med år 2002.

Därefter byggs en prototyp i Ryssland, på vilken hela konceptet skall testas innan man går vidare till kommersiella

anläggningar. Förläggningen till Ryssland väntas minska utvecklingskostnaden. Dessutom skapas civila arbeten åt friställda vapentechniker.

► *PBMR (Pebble Bed Modular Reactor)*, Sydafrika. 100 Mwe per modul.

Se vidare "Sydafrika utvecklar liten högttemperaturreaktor", Nytt inom kärnkraften nr 7, 1999.

Kommentarer

Betr PBMR väntas byggherren, kraftbolaget ESKOM, fatta beslut om genomförandet till årsskiftet. Den sydafrikanska optimismen är slående när man jämför tid- och kostnadsplanen för PBMR med GT MHR, där deltagarna har betydligt större erfarenhet av HTGR-konceptet.

Talesmän för GT MHR har också ställt sig frågande till att Sydafrika går direkt på en fullstor prototyp utan föregående experimentkretsar.

Evelyn Sokolowski