

NORGE



**STYRET
FOR DET INDUSTRIELLE
RETTSVERN**

Utlegningssskrift nr. 126647

Int. Cl. G 21 c 3/62 Kl. 21g-21/20

Patentsøknad nr. 170.575 Inngitt 17.11.1967

Løpedag -

Søknaden alment tilgjengelig fra 1.7.1968

Søknaden utlagt og utlegningsskrift utgitt 5.3.1973

Prioritet begjært fra: 18.11.1966 USA,
nr. 595.541

United States Atomic Energy Commission,
Germantown, Md., USA.

Oppfinner: Carl E. Ockert, 204 Laurel Lane,
Broomall, Pa., USA.

Fullmektig: Siv.ing. Erling Quande.

Keramisk brenselbrikett for kjerne-
reaktorer.

Oppfinnelsen angår keramiske brenselbriketter for anvendelse i en stavformet brenselenhet for kjernereaktorer. Slike brenselenheter er tilbøyelige til i et miljø med høy temperatur og strålingsintensitet å utvikle tangensielle trykkspenninger.

Stavformede brenselenheter har funnet utstrakt anvendelse i reaktorer som arbeider med trykkvann eller kokende vann som kjølemiddel, og også i gassavkjølte reaktorer. Slike brenselenheter består som regel av en rørformet kapsling med et antall deri anordnede, hovedsakelig sylindriske, keramiske brenselbriketter. Endepopper eller en endebunn anvendes for å lukke rørenes ender og derved danne en tett omhylling rundt brenselbrikettene. Kapslingen hindrer tap av kjernebrensel og avgivelse av spaltningsprodukter til reaktorkjølemidlet og

beskytter dessuten brenselbrikettene mot korrosjon av kjølemidlet og gir brenselenheten mekanisk styrke slik at den hindres fra å knekke eller endre sin forutbestemte beliggenhet i en samling brenselenheter. De individuelle brenselenheter ordnes i grupper, og flere slike grupper danner tilsammen en reaktorkjerne som er istand til å underholde en kjedespaltningsreaksjon.

Det har lenge vært et problem i forbindelse med anvendelsen av slike stavformede brenselenheter å opprettholde kapslingens integritet under høye temperaturer og bestrålinger. Ved slike betingelser utsettes de vanlig anvendte brenselbriketter av den keramiske type, f.eks. urandioxyd, for en vekst i radiell retning, og det fremkalles derved store tangensialkrefter i deres radielle omkretsområder når brenselbrikettene hindres i å utvide seg på grunn av den omgivende kapsling som bare utvider seg i mindre grad. Brenselbrikettens evne til å fremkalle og utøve tangensielle trykkrefter bestemmer den øvre grense for de spenninger som oppstår i brikettene og kapslingen. I virkeligheten er det kapslingen som ved å begrense brenselbrikettens vekst, skaper den tangensielle trykkspenning i denne, og det fremkalles dessuten en tangensiell strekkspenning i kapslingsmaterialet på grunn av dens mindre vekst.

Store, tangensielle strekkspenninger i kapslingen medfører ofte kapslingsbrudd med derav følgende tap av kjernebrensel og spaltningsprodukter til reaktorens kjølemiddel. Den med slike tap forbundne store og særdeles alvorlige fare for sikkerheten er velkjent innen reaktorteknikken og har forårsaket at omfattende sikkerhetsforanstaltninger er blitt foretatt i forbindelse med eksisterende reaktorer.

En enkel måte å fjerne risikoen for kapslingsbrudd på er å øke kapslingens veggtykkelse, hvorved de deri fremkomne, spesifikke strekkspenninger minskes. En slik løsning medfører imidlertid andre uheldige virkninger idet mengden av parasittisk neutronabsorpsjon i brenselenheten økes og varmeoverføringen fra brenselenhetene til reaktorkjølemidlet nedsettes på grunn av det økede temperaturfall over kapslingsveggen.

Ved å øke klaringen mellom brenselbrikettene og kapslingen kan det riktignok fås et ekspansjonsrom for brenselbrikettene, hvorved påvirkningen mellom kapslingen og en voksende brenselbrikett minskes. En slik klaring minsker imidlertid varmeoverføringen fra brenselstaven på grunn av de store temperaturfall som oppstår mellom briketten og kapslingen. Intim kontakt mellom kapslingen og brenselbrikettene er

derfor nødvendig for opprettholdelse av den størst mulige varmeoverføringshastighet uten altfor høye temperaturer i brenselbrikettene.

Foreliggende oppfinnelse tar derfor generelt sikte på å tilveiebringe en brenselbrikett for brenselenheter av stavtypen og som under bruk utvikler et minimum av tangensielle trykkspenninger.

Oppfinnelsen tar videre sikte på å tilveiebringe en brenselbrikett for anvendelse i en brenselenhet av stavtypen slik at kapslingen under drift utsettes for lavere tangensielle strekkspenninger enn hva som tidligere har vært tilfelle ved anvendelse av kjente brenselbriketter.

Oppfinnelsen angår derfor en keramisk brenselbrikett for anvendelse i en stavformet brenselenhet for kjernereaktorer, hvorved brenselbriketten har en hovedsakelig sylindrisk, utvendig sideoverflate og er anordnet inne i en rørformet metallkapsling, og briketten er særpreget ved at den har en rekke langsgående, radiale slisser som er anordnet i den utvendige sideoverflate og som hver har en dybde som er vesentlig større enn dens bredde, idet slissene har avrundede rotender for å minske risikoen for dannelsen av sprekker i brenselbriketten på grunn av slissene som danner ekspansjonsrom for vekst av brenselbriketten for derved å minske de periferistrekkspenninger som brenselbriketten forårsaker i kapslingen.

På tegningen representerer

- fig. 1 en perspektivskisse av en typisk, kjent brenselstav med ringformet tverrsnitt og med visse deler avdekket,
- fig. 2 en perspektivskisse av en brenselbrikett hvis ytre sylinderoverflate har langsgående slisser i overensstemmelse med foreliggende oppfinnelse, og
- fig. 3 på samme måte en perspektivskisse av en brenselbrikett med ringformet tverrsnitt og med langsgående slisser på såvel den indre som ytre sylinderoverflate i overensstemmelse med en utførelsesform av oppfinnelsen.

På grunn av de foreliggende brenselbriketters radielt orienterte, langsgående slisser med relativt stor dybde sammenlignet med bredden i den ytre, sylindriske overflate, eller både i den ytre og indre sylindriske overflate for en brenselbrikett med ringformet tverrsnitt, minskes de tangensielle trykkspenninger som under drift oppstår i briketten på grunn av dens inneslutning i en rørformet kapsling under høye temperaturer og strålingsintensitet. Minskningen av trykk-

spenningene i brenselbriketten adfølges av en tilsvarende minskning av strekkspenningene i brenselkapslingen, hvorved oppfinnelsens hovedformål oppnås.

For å lette forståelsen av oppfinnelsen vises til fig. 1 som gjengir en typisk brenselstav inneholdende vanlige brenselbriketter med ringformet tverrsnitt. Keramiske brenselbriketter 1 med et sentralt gjennomgående hull er anbragt i en rørformet kapsling 2 som danner støtte for brenselbrikettene og beskytter dem mot reaktorkjøle-midlets korroderende og eroderende virkninger. Kapslingen 2 er lukket i begge ender med propper 3 og 4 som kan være forsynt med forlengelser hhv. 5 og 6 for å lette monteringen av brenselstaven i en gruppe brenselenheter. Proppene 3 og 4 kan være tett forbundet med kapslingen 2 ved hjelp av sveisesømmer 7 langs de tilstøtende avslutninger av proppen og kapslingen.

Fig. 2 viser en ringformet brenselbrikett 8 med langsgående slisser 9 jevnt fordelt over den ytre sylinderoverflate. Selv om det foretrekkes å benytte en ringformet brenselbrikett på grunn av den kjente minskning av trykkspenningene som fås ved å utstyre briketten med store sentrale hull, medvirker de ifølge oppfinnelsen anordnede langsgående slisser også til effektivt å minske de trykkspenninger som fremkommer i massive, sylindriske brenselbriketter. De trykk-minskende virkninger av de sentrale hull og slisser er imidlertid additive, og anvendelse av begge i samme brenselenhet bevirker en større netto trykkminskning enn den som ville kunne oppnås bare ved anvendelse av langsgående slisser.

Fig. 3 viser en annen utførelsesform ifølge oppfinnelsen hvor en ringformet brenselbrikett 10 rundt sin indre overflate er utstyrt med jevnt fordelte, langsgående slisser 11 og også med jevnt fordelte, langsgående slisser 12 rundt den ytre overflate. Slissene 11 er vinkelforskjøvet mellom slissene 12 for å nedsette den av slissene forårsakede styrkeminskning i briketten til et minimum samtidig som det oppnås en maksimal minskning av ringspenningene. Anvendelsen av såvel innvendige som utvendige slisser gjør det mulig å nedsette det antall utvendige slisser som er nødvendig for å oppnå en bestemt minskning av ringspenningene, og minsker også den temperaturøkning som ellers ville oppstå i brikettens sentrale område på grunn av de varmeoverførings-tap som kan tilskrives minskningen av den effektive varmeoverførings-flate mellom brenselbriketten og kapslingen som følge av nærværet av slisser i den innvendige sylinderoverflate. Den radielle tykkelse til en

ringformet brenselbrikett kan følgelig gjøres noe større hvorved fås en bedre romutnyttelse innenfor en hvilken som helst gitt temperaturbegrensning.

Slissenes antall og bredde velges slik at minst mulig av brenselbrikettens volum går tapt samtidig som oppbygningen av farlige omkretsspenninger i briketten unngås under brikettens brukstid. Den på grunn av slissene sikrede fulle beskyttelse overfor store trykkspenninger kan bare oppnås så lenge slissene er åpne. Under sin vekst er brensllet tilbøyelig til å lukke slissene under samtidig utvikling av trykkspenninger. Slissenes antall og bredde står følgelig i direkte relasjon til den vektsgard som en brenselbrikett har i løpet av sin levetid. Antallet slisser multiplisert med deres bredde representerer et ekspansjonsrom som må fylles av det voksende brensel før det kan utøve trykkspenninger på den omgivende kapsling.

De gjenværende, uslissede deler av den ifølge fig. 2 viste brenselbrikett befinner seg i et område med høyere temperatur hvor det keramiske materiale er meget svakere og mer plastisk enn i den kaldere, slissede del av briketten. Eftersom alle trykkspenninger må opptas av den uslissede del av brensllet som befinner seg ved temperaturer hvor plastisk flytning gjør seg gjeldende, blir nettoeffekten at brenselbriketten ikke kan utøve store trykkspenninger ved høye arbeidstemperaturer. Brenselbriketten ifølge fig. 3 som har slisser både i høye og lave temperaturområder, kan heller ikke utøve store trykkspenninger selv ved lave temperaturer.

Full beskyttelse mot trykk- og strekkspenninger under brenselbrikettens og kapslingens samlede levetid er i enkelte tilfeller unødvendig, og i enkelte tilfeller sogar uønsket, idet et visst nivå av strekkspenninger kan tolereres mot slutten av brensllets levetid. Dette er spesielt tilfelle dersom det ønskes et maksimalt brenselvolum i brikettene. Slissenes antall og bredde kan da velges slik at det av slissene dannede ekspansjonsrom er utilstrekkelig for brenselbrikettens samlede levetid og slik at slissene med andre ord vokser sammen. De trykkspenninger som utvikles etter at slissene har vokst sammen, blir da betydelig mindre enn de strekkspenninger som ville ha blitt utviklet i en uslisset, men forøvrig identisk brenselbrikett på samme tidspunkt av dens virksomme levetid. Denne forskjell i trykkspenninger oppstår til tross for at brenselbrikettens slisser er blitt sammenvokst idet slissene effektivt opp-tar all brikettvekst oppstått før de lukkes. Slissede brensel-

126647

6

briketter ifølge oppfinnelsen kan således utformes på en slik måte at de tilveiebringer en hvilken som helst ønsket grad av spenningsminskning avhengig av de særlige krav som stilles til en bestemt type brenselstaver.

Valget av slissedybde krever et kompromiss mellom fremstillingsmulighet, brikettstyrke, minskning av brenselvolum og minskning av de på kapslingen under drift utviklede trykkspenninger. Da den relative betydning av disse faktorer vil variere fra tilfelle til tilfelle, kan det ikke sies at en bestemt slissedybde er den ideelle. Slissedybder som utgjør omtrent halvparten av den ringformede brenselbriketts tykkelse, har ofte vist seg å representere et godt kompromiss mellom disse faktorer. Slisser med mindre dybde kan anvendes dersom det kreves en mindre minskning av trykkspenningene eller dersom det kreves en brikett med større styrke for å motstå skader som kan oppstå under håndteringen. Slisser med større dybde enn den ringformede briketts halve veggtykkelse øker på den annen side risikoen for at skader kan oppstå under håndteringen, og brikettens brenselvolum nedsettes.

For briketter hvor bare den ene overflate er utstyrt med slisser, som vist på fig. 2, er det ønskelig at antallet slisser er minst seks. For å nedsette virkningen av friksjonen mellom briketten og kapslingen på de deler av briketten som ligger mellom slissene, foretrekkes det imidlertid å benytte 8 - 12 slisser. Dersom briketten er utstyrt med slisser både på utsiden og innsiden, som vist på fig.3, er det tilstrekkelig med 4 - 6 slisser i hver overflate.

Tilvirkningen av brenselbriketter med slisser ifølge oppfinnelsen krever kjennskap til vekstegenskapene til det spesielle, presede brenselmateriale som anvendes i brikettene. Vekstegenskapene til den spesielle, rørformede kapsling hvori brenselbrikettene skal innføres, må naturligvis også være kjente da det er forskjellen i vekst mellom den rørformede kapsling og de deri forekommende brenselbriketter som er opphavet til de spenninger som skal elimineres ifølge oppfinnelsen. Slissenes antall og størrelse må således bestemmes efter bedømmelse som kan veksle fra tilfelle til tilfelle, og en enkelt rekke av numeriske verdier vil ikke være generelt anvendelig under alle forhold.

P a t e n t k r a v

1. Keramisk brenselbrikett for anvendelse i en stavformet brensel-enhet for kjernereaktorer, hvorved brenselbriketten har en hovedsakelig sylindrisk, utvendig sideoverflate og er anordnet inne i en rørformet metallkapsling, k a r a k t e r i s e r t v e d at brenselbriketten (8,10) har en rekke langsgående, radiale slisser (9,12) som er anordnet i den utvendige sideoverflate og som hver har en dybde som er vesentlig større enn dens bredde, idet slissene har avrundede rotender for å minske risikoen for dannelsen av sprekker i brenselbriketten på grunn av slissene som danner ekspansjonsrom for vekst av brenselbriketten for derved å minske de periferistrekkspenninger som brenselbriketten forårsaker i kapslingen.

2. Brenselbrikett ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den er ringformet slik at den har både innvendige og utvendige hovedsakelig sylindriske sideoverflater.

3. Brenselbrikett ifølge krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at den er forsynt med slisser (11,12) både i den innvendige og utvendige hovedsakelig sylindriske sideoverflate, idet slissene (11) i den indre sideoverflate er vinkelforskjøvet i forhold til slissene (12) i den utvendige overflate slik at de befinner seg mellom disse.

Anførte publikasjoner:

Britisk patent nr. 926344

Fransk patent nr. 1444416

U.S. patent nr. 3043761, 3184392

U.S.A.E.C. "Reactor Handbook" vol. IV Engineering New York 1964, s.230

126647

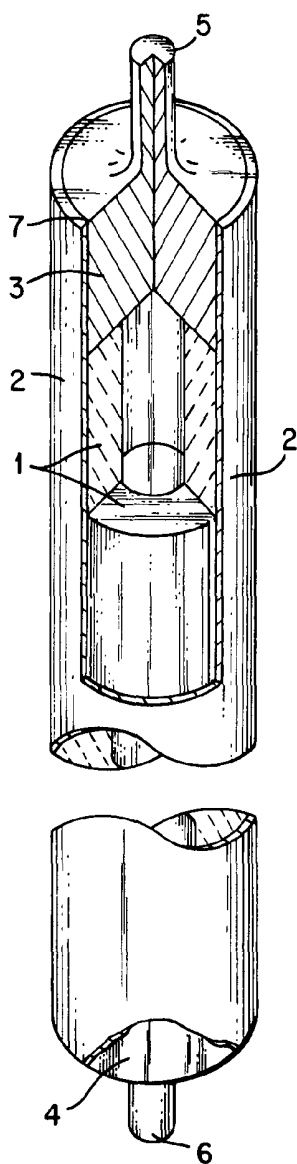


Fig. 1

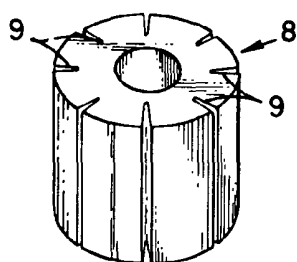


Fig. 2

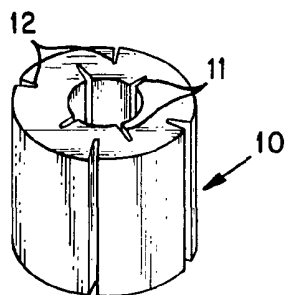


Fig. 3