



(11) FREMLÆGGESESSKRIFT 142338

DANMARK

(51) Int. Cl.³ G 21 B 1/00



(21) Ansøgning nr. 5835/74 (22) Indleveret den 8. nov. 1974

(24) Løbedag 8. nov. 1974

(44) Ansøgningen fremlagt og
fremlæggesesskriftet offentliggjort den 13. okt. 1980

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENEN

(30) Prioritet begæret fra den
9. nov. 1973, 414371, US

(71) TEXAS GAS TRANSMISSION CORPORATION, 3800 Frederica Street, Owensboro, JS.
Kentucky 42301, US.

(72) Opfinder: Henry Jacob Gomberg, 3941 Research Park Drive, Ann Arbor, Mi-
chigan 48106, US: Robert Jerrell Teitel, 3941 Research Park Drive, Ann
Arbor, Michigan 48106, US.

(74) Fuldmægtig under sagens behandling:
Firmaet Chas. Hude.

(54) Fremgangsmåde til udvinding af energi fra en fusionsreaktion.

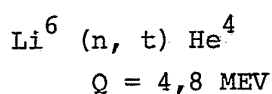
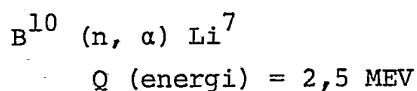
Opfindelsen angår en fremgangsmåde til udvinding af energi fra en fusionsreaktion i et reaktionskammer, som omskylles af et cirkulerende fluidum.

5 Fra USA patentskrift nr. 3.762.992 er det kendt at foretage en formering i en "lithium blanket" og samtidigt omsætte høj-energieutronerne til varmeenergi. Der er gjort et kompromis mellem den termiske virkningsgrad og tritiumenergien. I denne reaktor sker der en indeslutning i en porøs vædet væg, som giver en fordampning fra det flydende lithiumlag. Det flydende
10 lithium kan således ikke fortyndes med moderator eller varme-dispersionsfluider. Varmetransportsystemet er derfor begrænset til ledningsevnen af lithium, som er et dårligt varmetransportmedium. Som følge af behovet for afkøling af "blanket-ydervæggen" kan cirkulationshastigheden blive større end ønsk-
15 værdigt for udgangseffekten. Fluidet kan således ikke i tilstrækkelig grad virke som moderator, kølemiddel, neutronabsorber og dispergerende medium i et cirkulerende varmetransportkredsløb.

20 Endvidere er det fra USA patentskrift nr. 3.287.910 kendt at anvende hydrogen til afkøling af et fikseret moderatorlegeme, hvorefter hydrogenet strømmer gennem et fluidiseret bed af fusionsmateriale. Det fluidum, der omskyller det neutronudsendende materiale, fungerer både som kølemiddel og neutronmoderator.

25 Fremgangsmåden ifølge opfindelsen er ejendommelig ved, at reaktionskammeret omskylles af et fluidum indeholdende mindst ét intimt dispergert materiale med en bestanddel, såsom ^6Li eller ^{10}B , som dissocierer exotermisk ved indfangning af høj-energieutroner, en neutronmoderator til moderation af højenergieutroner og et kølemiddel til absorption af dissociations-
30 energien. Det materiale, der indeholder et middel, som dissocierer exotermisk ved indfangning af højenergieutronerne, er som nævnt fint fordelt i et fluidum. Dissociationsenergien kan derved hurtigt overføres til fluidet. Sidstnævnte indeholder
35 en dispersion af additiver, der virker som neutronmoderator og som middel til køling og transport af varme.

Derved opnås en bedre udnyttelse af energien af de neutroner, der hidrører fra deuterium-tritiumreaktionerne, og som har en energi på 14 MEV og kan gennemtrænge reaktionskammerets vægge. Når neutronerne anvendes til bestråling af bor og lithium frigøres varme. De gunstigste reaktioner er følgende:



Underkravene angår særlig hensigtsmæssige udførelsesformer for fremgangsmåden.

Opfindelsen skal nærmere forklares i det følgende under henvisning til tegningen, som viser en reaktor til udvinding af energi fra en fusionsreaktion.

Den i fig. 1 viste fusionsreaktor er laserdrevet, idet en laserkilde 10 retter lysimpulser mod en kugle af fusionsmateriale anbragt i midten af et reaktionskammer 14, der er afgrænset af en væg 16. Der er desuden indrettet en kilde 18 til at indføre fusionsbrændslet i reaktionskammeret 14. Uden om væggen er der et sekundært kammer 20, der er afgrænset af en ydrevæg 22. Sidstnævnte er af et varmebestandigt materiale såsom titan. I det sekundære kammer anbringes materialer til udvinding af yderligere energi fra fusionsreaktionen. Sådanne materialer kan f.eks. være bor- eller lithiumholdige materialer.

De bor- eller lithiumholdige materialer kan indføres på flere forskellige måder. Til energiudvindingen kræves der imidlertid mindst to ingredienser. Den første er rene bor- eller lithiumforbindelser eller -legeringer. Den anden er et varmetransportmedium for bortledning af den frembragte varme. En tredje ingrediens er en neutronmoderator til reduktion af neutronernes energi for derved at øge virkningsgraden af neutronreaktionen med det neutronabsorberende middel.

Valget af neutronabsorberende middel afhænger af

- (1) Den energi, der frigives ved absorption af en neutron,
- (2) rest-radioaktiviteten efter bestråling,
- (3) neutronens reaktionstværsnit, som er et mål for neutronens opbremsning,
- (4) strålingsabsorptionen af det omgivende medium.

Når en neutron absorberes i en eller anden isotop, emitteres der energi på flere forskellige måder, eksempelvis som α -stråling, β -stråling, γ -stråling, neutroner m.v. Den udstrålede energi bliver eventuelt absorberet i absorptionsmidlet og omsat til termisk energi. (1) omhandler virkningsgraden af denne energiomsætning. (2) omhandler hastigheden af den energioverførsel, der er bestemt af produkternes karakteristiske henfaldstid. Hvis henfaldstiden er lang, kan strålingen give anledning til sikkerhedsproblemer. (3) er neutronens reaktionstværsnit. Dette tværsnit bestemmer den nødvendige masse eller tykkelse af absorptionsmidlet og desuden spredningen af frigjort energi. (4) omhandler den mængde absorptionsmiddel, der er nødvendig til absorption af produktisotopens udstråling. Hård γ -stråling kræver f.eks. en stor masse til absorption af strålingsenergi. Energitætheden vil således blive lav.

Den foretrukne isotop skal desuden have en høj energitilbagelevering for hver neutron, der absorberes. Derudover må den ikke have nogen gennemtrængende stråling med lang henfaldstid og stort reaktionstværsnit. Bor og lithium er i så henseende egnede. I mellemrummet mellem reaktionskammeret og den ydre væg 22 er der desuden en neutronmoderator til opbremsning af neutronerne for derved at øge virkningsgraden af reaktionen med bor og lithium samt et kølemiddel, der ikke indfanger neutroner, hvilket kølemiddel skal have en høj varmekapacitet og iøvrigt være foreneligt med konstruktionsmaterialerne.

Tabel I angiver forslag til materialer.

Tabel I

Absorptionsmiddel	Kølemiddel	Dispersions- medium	Moderator
Bor	Gasser		Vand
Lithiumfluorid	CO ₂	Gasser	Grafit
Borkarbid	He	CO ₂	Beryllium
Lithiumhydrid		He	Berylliumoxid
	Vand	Vandig opløsning	Metalhydrid
	Flydende metaller	Opslemning af faste stoffer	Flydende lithium
	Bly	Faste stoffer	
	Vismut	Aluminium	
	Natrium	Grafit	
	NaK	Berylliumoxid	
	Smeltede salte	Alumina (aluminiumoxid)	

Absorptionsmidlerne kan indføres på flere forskellige måder.

5 Et vilkårligt kølemiddel kan cirkuleres gennem reaktoren for bortledning af termisk energi til sekundær anvendelse; eksempelvis til drift af en dampmaskine, en kemisk proces eller lignende.

10 Reaktoren kan forenkles ved at indføre brændslet i fluid form (i vandig opløsning, som smeltet salt, som flydende metal, i gasopslemning eller i form af fluidiseret bed af faste stoffer eller små kugleformede legemer). Derved muliggøres en kontinuert eller intermitterende brændselsudskiftning uden, at reaktorens drift af den grund skal afbrydes.

15 En yderligere forenkling opnås ved at kombinere moderator og kølemiddel i ét og samme fluidum. Eksempler herpå er vand flydende lithium og grafitgas-dispersioner. Yderligere forenklinger opnås ved at kombinere alle tre ingredienser i én og samme væske, nemlig en varmevekslervæske indeholdende bor tilligemed en moderator, og som cirkuleres gennem det

ringformede kammer. Varmeafgivelsen og brændselsudskiftningen styres da af et ydre kredsløb.

Det ringformede kammer 20 har nogle åbninger 24, 26 og 30, der tjener som tilgangs- og afgangsåbninger.

- 5 En tåge af H_2O , hvori der er opløst bor, kan f.eks. føres ind gennem åbningerne 24 og 26 forud for brænding og gennem afgangsåbningen 30 til opnåelse af en korrekt strømning. En væske, der bærer pulverformet bor eller lithium, kan i givet fald indføres under tryk gennem en af åbningerne. Et fluidiseret
- 10 kvantum pulverformet materiale kan indføres ved 30 til opretholdelse af en ønsket mængde bor, eksempelvis i det kammer 20, der omgiver reaktionskammeret.

- 15 Ved anvendelse af fusionsreaktoren som neutronkilde til bestråling af bor eller lithium er der flere fordele. Arrangementet kan styres til ikke-destruktiv forbrænding, og additiverne kan i givet fald tilføres kontinuerligt for opnåelse af den størst mulige virkningsgrad. Der opnås en høj neutronestråling pr. energienhed, og indføringen af et materiale såsom bor indvirker ikke på reaktorens drift.

P a t e n t k r a v .

1. Fremgangsmåde til udvinding af energi fra en fusionsreaktion i et reaktionskammer (14), som omskylles af et cirkulerende fluidum, k e n d e t e g n e t ved, at reaktionskammeret (14) omskylles af et fluidum indeholdende mindst $\hat{e}$ t intimt dispergert materiale med en bestanddel, såsom ${}^6\text{Li}$ eller ${}^{10}\text{B}$, som dissocierer exotermisk ved indfangning af højenergi-neutroner, en neutronmoderator til moderation af højenergi-neutroner og et kølemiddel til absorption af dissociations-energien.
2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at der i fluidet dispergeres findelt pulverformet materiale indeholdende den nævnte bestanddel.
3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at det findelte materiale er dispergeret i en findelt tåge.
4. Fremgangsmåde ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at der indføres et fluidiseret kvantum pulverformet materiale til opretholdelse af en ønsket mængde bor.

Fremdragne publikationer:

Britiske patenter nr. 830255, 855859, 908020, 993174
USA patenter nr. 3113082, 3287910, 3748226, 3762992.

