

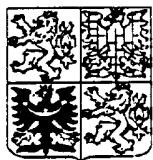
PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

281 979

(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2088-92**

(22) Přihlášeno: **03. 07. 92**

(30) Právo přednosti:
09. 07. 91 FR 91/9108595

(40) Zveřejněno: **17. 02. 93**
(Věstník č. 2/93)

(47) Uděleno: **19. 02. 97**

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: **16. 04. 97**
(Věstník č. 4/97)

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.⁶:

G 21 C 3/32

G 21 C 3/352

(73) Majitel patentu:

FRAMATOME, Courbevoie, FR;
COMPAGNIE GENERALE DES MATIERES
NUCLEAIRES, Velizy Villacoublay, FR;

(72) Původce vynálezu:

Brosset Alain, Lyon, FR;
Burfin Pascal, Lyon, FR;

(74) Zástupce:

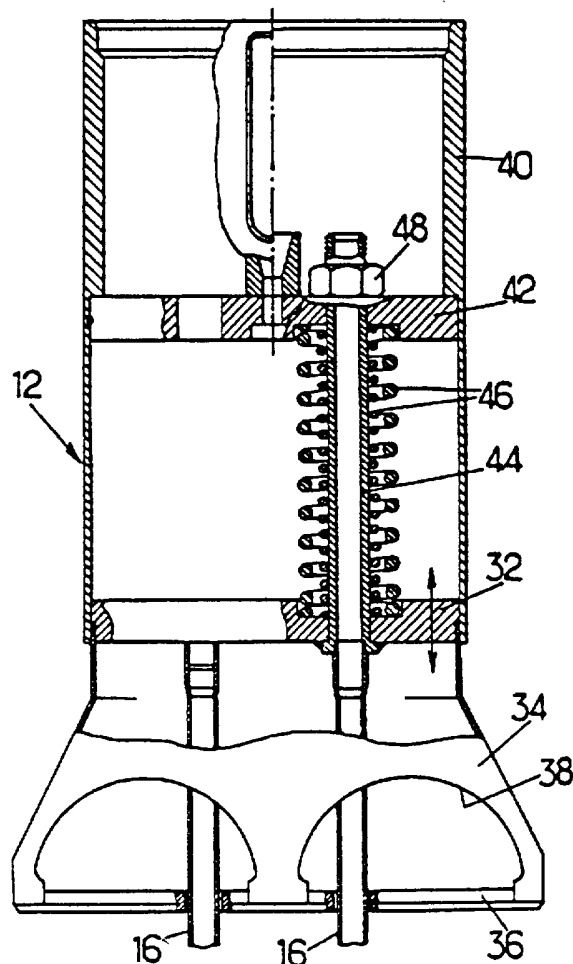
Brodská Blanka ing., Barvičova 23, Brno,
60200;

(54) Název vynálezu:

Rozebíratelný jaderný palivový článek

(57) Anotace:

Jaderný palivový článek (10) reaktoru, chlazeného a tlumeného lehkou vodou, obsahuje nosnou kostru se dvěma nástavci (12, 14), spojenými vodicími trubkami (16) a s mřížemi (20, 22). Každá mříž (20, 22) má tři sady destiček (64, 66, 70) navzájem se křížících, které vymezují buňky. Destičky (64, 66, 70) jsou opatřeny prostředky pro sevření tyčí (24), které udržují tyto tyče (24) v okách pravidelné trojúhelníkové sítě. Horní nástavec (12) obsahuje spodní část s přechodovým zvonem (34) z šestiúhelníkového průřezu na válcovitý kus, opatřený demontovatelnou první adaptační deskou (32), a horní část, která má válcový plášť (40), posuvně uložený na válcovém kusu, a udržovací desku (42). Trubkovité rozpěry (44) omezují vzájemnou vzdálenost první adaptační desky (32) a udržovací desky (42). Pružiny (46) uplatňují na obě desky (32, 42) sílu, která se snaží je od sebe vzdálit.



Rozebíratelný jaderný palivový článek

Oblast techniky

5 Vynález se týká jaderného palivového článku reaktoru, chlazeného a tlumeného lehkou vodou. Článek sestává z nosné kostry se dvěma nástavci, spojenými vodicími trubkami, a z mříží, rozdělených podél sestavy. Každá mříž má tři sady destiček navzájem se křížících, které vymezují příčné buňky, přičemž jedněmi buňkami procházejí vodicí trubky a druhými palivové tyče. Destičky jsou opatřeny prostředky pro sevření tyčí, které udržují tyto tyče v okách pravidelné trojúhelníkové sítě a jsou připevněny alespoň k některým vodicím trubkám.

Dosavadní stav techniky

15 Doposud jsou známe takové palivové články, které mají alespoň jednu koncovou mříž z materiálu, udržujícího své mechanické vlastnosti při ozáření a tato mříž přispívá k vertikálnímu držení tyčí, zatímco středové mříže jsou ze slitiny na bázi zirkonia (jehož neutronová absorpce je mnohem menší než u mříží koncových) a jsou vybaveny takovými prostředky, jako jsou výstupky a pružiny, vyříznuté v destičkách, vyvíjející na tyče sílu příčného držení a podpory, která se může snižovat v průběhu záření.

Vynález si zejména klade za cíl řešení palivového článku, jehož horní nástavec je konstruován způsobem, že přenáší sílu, působící proti otočení, kterou vyvíjí horní deska jádra, a že umožňuje různou dilataci mezi sestavami, sadami a mezi článkem a konstrukcí reaktoru, a umožňuje výstup vody směrem k průchodům, vytvořeným v horní desce jádra mezi opěrami horních nástavců.

Podstata vynálezu

30 Tomuto požadavku vyhovuje zejména palivový článek podle vynálezu, jehož podstatou je, že horní nástavec obsahuje spodní část s přechodovým zvonem z šestiúhelníkového průřezu do válcovitého kusu, opatřený příčnou adaptační deskou, která je rozebíratelně spojena s některými z vodicích trubek; a horní část s válcovou objímkou, posuvně uloženou na válcovém kusu spodní části, a udržovací desku, trubkovité rozpěry, omezující vzájemnou vzdálenost adaptační desky a udržovací desky, určené ke spojení s dalšími vodicími trubkami, a pružiny, uložené mezi deskami pro vyvíjení síly, která se snaží tyto desky od sebe vzdálit.

40 Vodicí trubky, umístěné naproti rozpěrám, mohou být jednoduše o tyto rozpěry opřeny, zatímco ostatní vodicí trubky, daleko početnější, jsou rozebíratelně spojené s adaptační deskou. Otvory ve zvonu mohou mít tvar přibližně polokruhový a každý z nich se může otevírat na větší části šestiúhelníkové plochy. Vodicí trubky jsou například připevněny ke spodnímu nástavci pomocí šroubu, zablokováného proti otáčení po sevření na koncových objímkách vodicích trubek. Šrouby a zátky mohou být opatřeny středovým otvorem pro umožnění chlazení tyčí ovládacího svazku, nebo změny spektra, když jsou tyto tyče vloženy do článku. Vynález bude lépe pochopen z popisu příkladu provedení podle vynálezu, k němuž se také vztahují připojené výkresy.

Přehled obrázků na výkresech

50 Na obr. 1 je schematicky znázorněn princip zvedání článku, zobrazující jedinou palivovou tyč a jedinou vodicí trubku, na obr. 2 je detailní pohled ve velkém měřítku, zobrazující horní část článku. Jedná se o řez osovou rovinou. Obr. 3 je detailní pohled ve vyzdvížené poloze, ukazující způsob upevnění větší části vodicích trubek k hornímu a spodnímu nástavci, jakož i část spodní

koncové mříže. Obr. 4 je pohled odspodu na část jedné z mříží článku z obr. 1, obr. 5A, 5B a 5C schematicky ukazují několik možných způsobů spojení mezi vnitřními destičkami mříže. Obr. 6 je pohled odspodu na část z obr. 4, ukazující způsob provedení mříží, který umožňuje připustit vodicí trubky o průměru o něco větším, než je průměr palivových tyčí. Obr. 7 je pohled odspodu a obr. 8 řez podle linie VIII-VIII z obr. 7, a ukazují možnou konstrukci elastických prostředků příčného držení a podpory v koncové mříži, obr. 9 je podobný obr. 8 a je to řez podle linie IX-IX z obr. 6. Obr. 10 je detailní pohled, ukazující část destičky, ke které přiléhá fixační jazýček na vodicí trubce. Obr. 11 je pohled odspodu ve velkém měřítku na část mříže, ukazuje zakřivení vnitřních destiček při jejich spojení s pásem.

Příklad provedení vynálezu

Palivový článek 10, nakreslený na obr. 1, sestává z kostry, která má horní nástavec 12 a spodní nástavec 14 spojené vodicími trubkami 16, a mající mříže 20 a 22 pravidelně rozmístěné podél vodicích trubek 16. Mříže 20, 22 vymezují buňky, rozvržené do ok pravidelné sítě, z nichž některými procházejí vodicí trubky 16 nebo pomocná středová trubka (nezobrazena), a ostatními procházejí palivové tyče 24. Tyto tyče mohou spočívat na spodním nástavci 14. Jsou axiálně drženy a udržovány v okách sítě mřížemi 20, 22, jak bude ukázáno dále. Mříže 20, 22 jsou samy připevněny alespoň k některým vodicím trubkám 16.

Při funkci reaktoru je spodní nástavec 14 položen na nosnou desku 26 jádra, perforovanou vstupními průchody chladiva do článků. Horní nástavec 12 přijímá tlak horní desky 28 jádra, perforované výstupními otvory 30 chladiva mezi nástavci.

Nejdříve bude popsán příklad provedení, nakreslený na obr. 2 a 3, jedna vhodná konstrukce horního nástavce 12 a vhodný způsob rozebíratelného spojení tohoto nástavce, umožňující jej vyzvednout a znovu dát na místo, například pro výměnu tyčí 24.

Nástavec 12 obsahuje dvě části, které se mohou vertikálně posouvat jedna vzhledem ke druhé, a udržovací prostředky, určené k omezení vzájemného rozestupu těchto dvou součástí a k přenášení tlaku horní desky 28 jádra z jedné části na druhou.

Spodní část je ta, která je připevněna k vodicím trubkám 16. Je tvořena první adaptační deskou 32 ve tvaru kotouče, připevněného k horní válcovité části přechodového zvonu 34. Spodní část zvonu 34 je připevněna k opěrné desce 36 šestiúhelníkového průřezu, opatřené průchodními otvory vodicích trubek 16 a otvory pro průchod chladiva. Opěrná deska 36 je na vzdálenost palivových tyčí 24 dostačující pro umožnění prodloužení těchto konců (obr. 1) a tvoří doraz, omezující zdvih tyčí 24.

Zvon 34 je například z plechu z nerezové oceli, přivařeného k deskám 32 a 36. Široké výřezy 38 v každé přední straně umožňují výstup chladiva do mezery, nacházející se mezi horními nástavci 12.

Horní část je uložena posuvně na válcové stěně, tvořené obvodem první adaptační desky 32 a horní částí zvonu 34. Obsahuje válcový plášť 40, v němž je příčně přivařena udržovací deska 42, opatřená ve svém středu nátrubkem pro průchod chladiva.

Udržovací prostředky sestávají z několika souborů rozpěrných pružin, například v počtu tří. Každý soubor obsahuje trubkovitou rozpěru 44, spojenou s vodicí trubicí 16, a alespoň jednu šroubovitou pružinu 46, obklopující rozpěru 44 a stlačenou mezi deskami 32 a 42. V příkladu provedení, nakresleném na obr. 2, obsahuje každý soubor dvě pružiny 46 odlišného poloměru, uložené navzájem soustředně.

Každá trubkovitá rozpěra 44 je ukončena přírubou, připevněnou k adaptační desce 32. V horní části rozpěry 44 je vyřezán závit pro matici 48, kterou se nastaví maximální rozpětí mezi deskami 32 a 42 a tedy i předepnutí pružin 46. Středový otvor rozpěry 44 má tentýž průměr jako vodicí trubky 16 pro umožnění vsunutí tyčí 24 ovládacího hroznu nebo změny spektra do vodicích trubek 16, spojených s trubkovitou rozpěrrou 44.

Vodicí trubky 16, uložené ve spojení s rozpěrami 44, jsou prostě opřeny o přírubu těchto rozpěr. Ostatní vodicí trubky 16 jsou každá připevněna na první adaptační desku 32 rozebíratelnými spojovacími prostředky. V příkladu provedení, nakresleném na obr. 3, tyto prostředky obsahují objímky 50 s vyřezaným závitom o takovém vnitřním průměru, který umožní průchod tyčí 24 povelového hroznu nebo změny spektra. Tyto objímky 50 se zašroubují do pouzder 52 se závitom, přivařených na konce vodicích trubek 16. Jakmile jsou objímky 50 se závitom zašroubovány, jsou blokovány proti pootočení deformací tenkého pláště, kterým jsou opatřeny. K této deformaci dochází v maticích, vytvořených v první adaptační desce 32.

Všechny vodicí trubky 16 jsou připevněny stejným způsobem ke spodnímu nástavci 14. Tento spodní nástavec 14, vyrobený zpravidla z nerezové oceli, obsahuje druhou adaptační desku 54, připevněnou k tělesu o šestiúhelníkovém průřezu a opatřenou otvory pro průchod chladiva.

Tato deska slouží jako opora palivových tyčí 24. Je opatřena pomocnými otvory pro průchod závitom opatřených táhel 56, určených k zašroubování do koncových zátek 58 vodicích trubek 16. Táhl jsou opatřena kalibrovaným otvorem 56a pro zásobování chladicí vodou vodicích trubek 16, řídících tyčí 24 nebo tyčí změny spektra, které se vloží do vodicích trubek 16.

Mříže 20, 22 mohou být takové konstrukce, jaká je nakreslena na obr. 4 a mohou být tvořeny třemi sadami destiček 64, 66, které jsou opatřeny spojovacími drážkami, přičemž mříže jedné ze sad jsou navzájem rovnoběžné a s destičkami druhých dvou sad svírají úhel 120°. Jak je vidět z obr. 4, destičky 64, 66 mohou být dvě a dvě překříženy a spojeny, jako nůžky.

V příkladu provedení podle vynálezu, nakresleném na obr. 4, se každá mříž 20, 22 skládá ze šedesáti vnitřních destiček a šesti vnějších destiček. Vnější destičky mohou být prodlouženy zahnutými vodicími jazýčky 60 (viz obr. 3), čímž se vyloučí nebezpečí zaháknutí mezi sestavou při manipulaci.

Alespoň dvě koncové mříže 20 jsou tvořeny destičkami ze slitiny, která si uchovává mechanické vlastnosti při ozáření, například z Inconelu 718. Destičky mohou tedy být spájeny dvě a dvě k sobě. Lze rovněž použít jiné materiály, například martenzitickou ocel.

V příkladu provedení na obr. 3 jsou na destičky spodních koncových mříží přivařeny ochranné kryty 62 z nerezové oceli. Do těchto ochranných krytů se zasunou spodní konce vodicích trubek 16, připevněných na druhou adaptační desku 54 spodního nástavce 14 pomocí závitom opatřeného táhla 56. Horní mříž 20 může podobným způsobem nést přivařené objímky, z nichž každá je určena k tomu, aby obepínala vodicí trubku 16. Horní koncová mříž 20 takto vyzbrojená, může být buď volná, jakmile je vložena na vodicí trubky 16, anebo může být osově držena prstenci ze slitiny na bázi zirkonia, přivařenými alespoň na některé vodicí trubky 16, z obou stran objímek. Jedna sada může být upravena pro zabránění namáhání.

Prostřední mříže 22 mohou být provedeny tak, že jsou buď ze slitiny na bázi zirkonia, anebo mohou být (jestliže se sleduje udržení mechanických vlastností při ozáření) z nerezové slitiny, takové, jakou je Inconel 718. Vnější destičky mohou ještě být opatřeny deflektorem (vodicím plechem) pro zabránění zachycení mezi přilehlými články při manipulaci.

Destičky 64, 66 mohou být smontovány různými způsoby, záleží na tom, zda se sleduje zejména snadnost výroby destiček, nebo spolehlivost svarů v místech překřížení.

V příkladu provedení, nakresleném na obr. 5A, jsou spojovací drážky destičky 64 s destičkou 66 pod úhlem 120° uspořádány šikmo se střídavým sklonem. Výhodou tohoto řešení je, že vyříznutí je sice složité, ale usnadňuje svařování.

- 5 V obdobném řešení, nakresleném na obr. 5B, jsou drážky kolmé, což usnadňuje výrobu destiček, ale zase je méně výhodné z hlediska svařování.

Na obr. 5 je kompromis těchto dvou předchozích řešení: drážky jedné destičky jsou rovné, ale opatřeny opěrným úkosem destiček ostatních sad.

10

Destičky mříže jsou opatřeny prostředky pro sevření tyčí, které obsahují opěrné výstupky, uspořádané na vnějších destičkách, a pružinové výstupky na vnitřních destičkách. V konkrétním příkladu provedení, nakresleném na obr. 6, kde vodící trubky 16 mají větší průměr jako tyče 24, opěrné výstupky musí být zrušeny v blízkosti buněk, obsahujících vodící tyče, jak bude objasněno dále.

15

V běžných buňkách mohou být tyče 24 podepřeny v pěti bodech, rozdělených podle tří směrů po 120° . Dvě z destiček 64 a 66 (viz obr. 5 až 7), které vymezují buňku, jsou opatřeny výstupky 68, umístěnými ve dvou různých úrovních. Jedna z destiček 70 třetí sady obsahuje rozříznutou a deformovanou pružinu 72. Výstupky 68 blízké drážkám je často výhodné vytvořit vyříznutými částmi ve tvaru mostu malé šířky, přičemž otvory pod tímto mostem jsou v podélném smyslu destiček. Výstupky 68 a pružiny 72 mohou mít stejnou šířku. Avšak mohou být využity další typy výstupků 68, například ve tvaru poloknoflíku, jak je popsáno ve francouzské přihlášce vynálezu č. 90 09446.

25

Jak už bylo naznačeno dříve, destičky 64, 66 musí být místně deformovány pro vymezení buněk postačujícího rozměru pro uložení vodících trubek 16 (viz obr. 6). Když je rozdíl průměru mezi vodícími trubkami 16 a palivovými tyčemi 24 významný, tato deformace se musí rozšířit na ty sousední buňky, do kterých se zasunou vodící trubky 16. V tomto případě se deformace destičky nahradí v jedné sadě dvěma výstupky 68, spojenými v podélném smyslu tyčí 24, jak je nakresleno na obr. 6 a 9, a tyč 24 je udržována ve čtyřech bodech, dva jsou vytvořeny prohnutím destiček 74 a dva další pružinami 72.

30

Když vnitřní mříže jsou ze slitiny na bázi zirkonia jako vodící trubky 16, mohou být k těmto trubkám připevněny svařováním. Za tímto účelem mohou být destičky 64, 66 protaženy kolem vodících trubek pomocí prohnutých jazýčků 76 (viz obr. 10), které jsou odporově přivařeny k vodícím trubkám 16.

35

Pro usnadnění montáže mezi vnitřními destičkami a vnějšími destičkami, tvořícími pás, je výhodné ohnout koncové části 79 vnitřních destiček takovým způsobem, aby křížily pod úhlem 90° vnější destičky, tvořící pás 78 (viz obr. 11). Toto uspořádání umožní opatřit vnitřní destičky čepy, které zapadnou do drážek, připravených v pásu před svařováním.

40

Vnější destičky mohou být připojeny v rozích pásu, jak je naznačeno na obr. 11, nebo na čelních plochách. Toto připevnění může být provedeno jako spojení vnitřních destiček mezi sebou, svařením svazkem elektronových paprsků nebo laserem.

45

Jak bylo poukázáno výše, je rovněž možné použít středních mříží 22, vytvořených z destiček ze slitiny, která si uchovává své vlastnosti při ozáření, například ze slitiny Inconel. V tom případě destičky 64, 66 mohou mít poněkud menší tloušťku než v případě použití slitiny Zircaloy. Destičky 64, 66 mohou tedy být spájeny mezi sebou v místech, kde do sebe zapadají.

50

Ve výhodném provedení byl článek 10 určen pro třístadvánět tyčí 24, umístěných v okách sítě o kroku 12,75 mm. Nosná konstrukce sestávala z patnácti vodících trubek 16, připevněných

rozebíratelným způsobem k nástavcům 16, 14, a tři vodicích trubek 16, umístěných ve spojení s rozpěrami 44. Koncové mříže 20 byly ze slitiny Inconel 718 a prostřední mříže 22 ze slitiny Zircaloy. Tyto parametry vedly k použití společné šířky 108 mm pro výstupky 68 a lisované pružiny 72. Výška destiček 64, 66 byla stejná pro prostřední mříže 22 a koncové mříže 20. Tloušťka destiček vnitřních řádově 0,4 mm se ukázala být vyhovující, tloušťka poněkud vyšší je výhodná pro vnější destičky v případě, že mříže jsou ze slitiny Zircaloy.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Rozebíratelný jaderný palivový článek reaktoru, chlazeného a tlumeného lehkou vodou, obsahující nosnou kostru se dvěma nástavci (12, 14), spojenými vodicími trubkami (16) a mající mříže (20, 22) rozdělené podél sestavy, přičemž každá mříž má tři sady destiček (64, 66, 70) navzájem se křížících, které vymezují buňky, z nichž jedněmi procházejí vodicí trubky (16) a druhými palivové tyče (24), přičemž destičky (64, 66) jsou opatřeny prostředky (68, 72) pro sevření tyčí (24), které udržují tyto tyče (24) v okách pravidelné trojúhelníkové sítě a přičemž destičky (64, 66, 70) jsou připevněny alespoň k některým vodicím trubkám (16) **vyznačující se tím**, že horní nástavec (12) sestává ze spodní části, obsahující přechodový zvon (34) z šestiúhelníkového průřezu do válcovitého kusu, opatřeného první adaptační deskou (32), rozebíratelně spojenou s prvními vodicími trubkami (16); a z horní části, obsahující válcový plášť (40), posuvně uložený na válcovém kusu spodní části, a na udržovací desce (42) trubkovité rozpěry (44) pro vymezení vzdálenosti mezi první adaptační deskou (32) a udržovací deskou (42), která je spojena s druhými vodicími trubkami (16) a pružinami (46), uloženými mezi těmito deskami (32, 42).

2. Jaderný palivový článek reaktoru podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pružiny (46) jsou umístěny kolem rozpěr (44).

3. Jaderný palivový článek reaktoru podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že druhé vodicí trubky (16) jsou rovněž ty, které jsou umístěné ve spojení s trubkovými rozpěrami (44) a tím, že rozpěry (44) mají tutéž vnitřní světlost jako vodicí trubky (16) pro umožnění zavedení tyčí (24), náležejících ke svazku povelu nebo změny spektra.

4. Jaderný palivový článek reaktoru podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že druhé vodicí trubky (16) jsou opřeny o rozpěry (44) a tím, že rozpěry tvoří opěrný most na první adaptační desce (32) a koncová část je opatřena závitem pro matici (48) regulace maximální vzdálenosti mezi první adaptační deskou (32) a udržovací deskou (42).

5. Jaderný palivový článek reaktoru podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že upevňovací prostředky první adaptační desky (32) s alespoň některými vodicími trubkami (16) obsahují objímky (50), zablokované proti otáčení po sevření na koncových pouzdrech (52) vodicích trubek (16).

6. Jaderný palivový článek reaktoru podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že destičky (64, 66) jsou vždy dvě a dvě překřížené a spojené a tím, že prostředky pro sevření tyčí (24) obsahují výstupky (68), umístěné na přepážkách buněk, svírajících 120° s pružinou (72), uspořádanou na další příčce.

7. Jaderný palivový článek reaktoru podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že pružiny (72) a výstupky (68) jsou vyříznuté v přepážce destiček (64, 66) a poskytují tyčím (24)

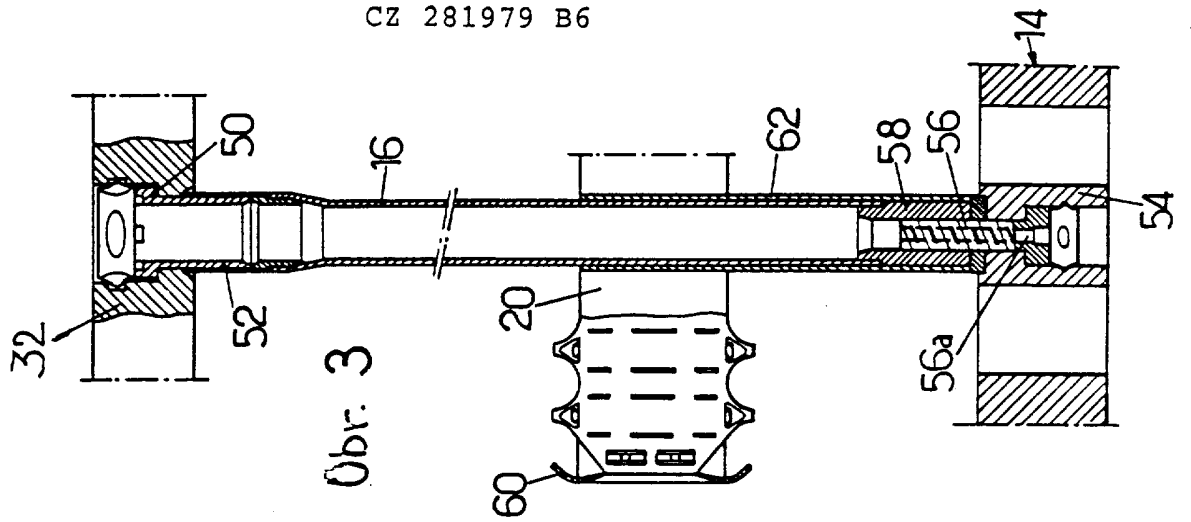
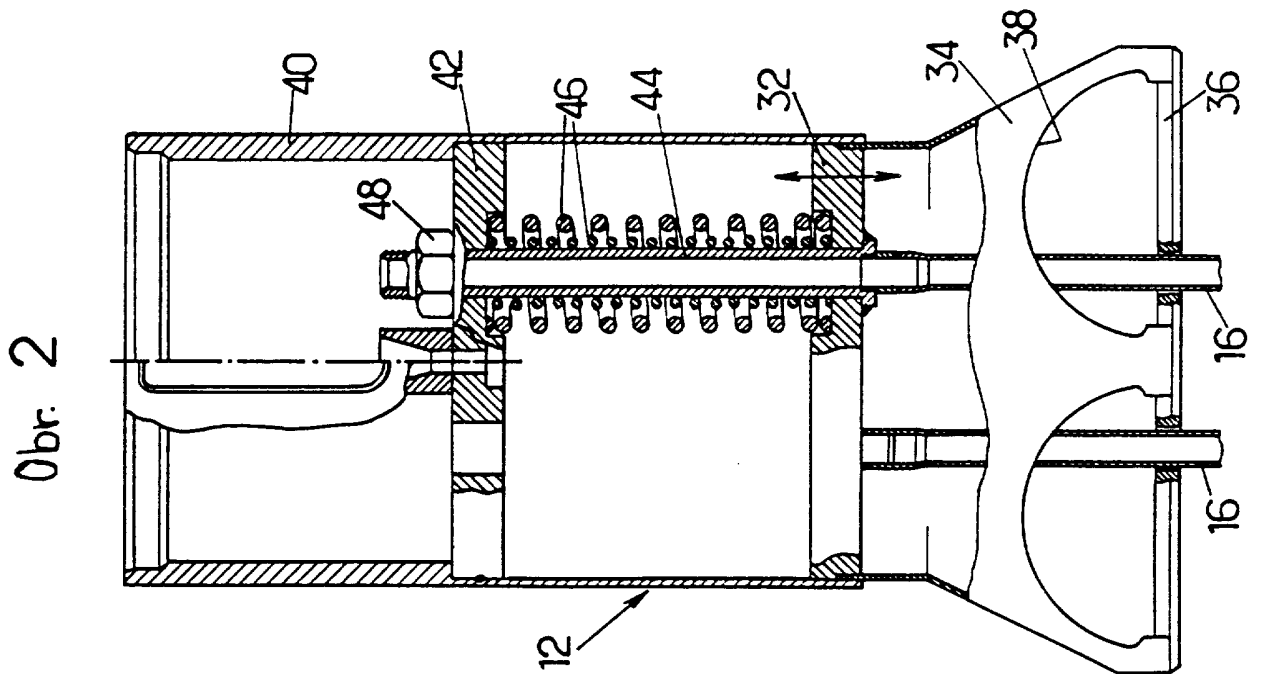
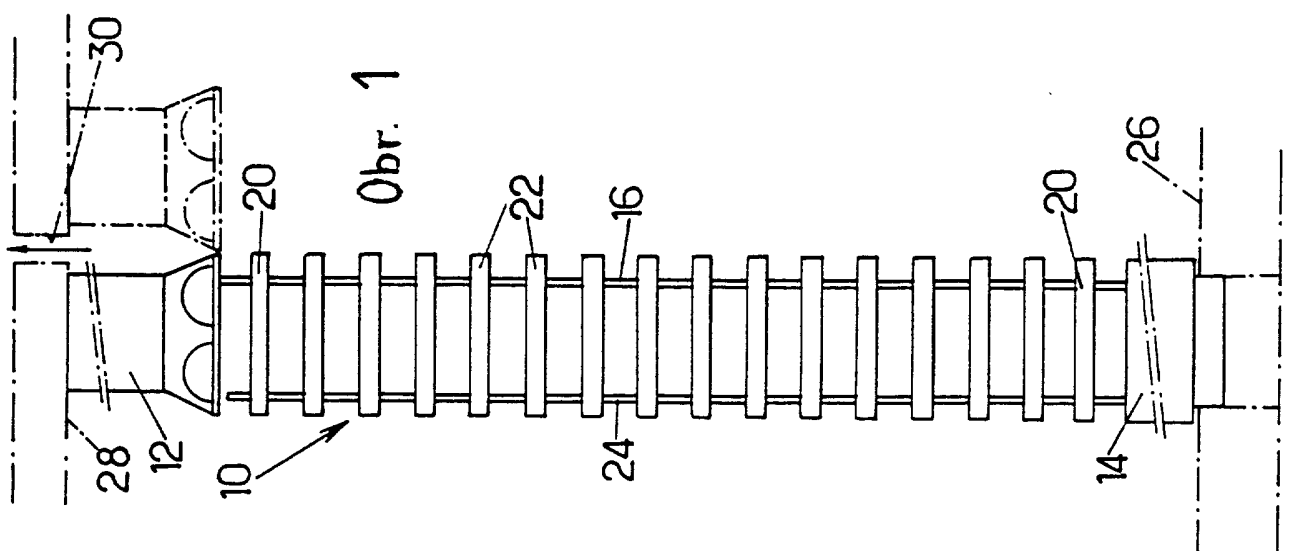
oporu v pěti bodech.

5 8. Jaderný palivový článek reaktoru podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že mají-li vodící trubky (16) větší průměr než palivové tyče (24), jsou destičky (64, 66) kolem buněk pro zasunutí trubek (16) deformovány a tato deformace se rozšiřuje na sousední buňky.

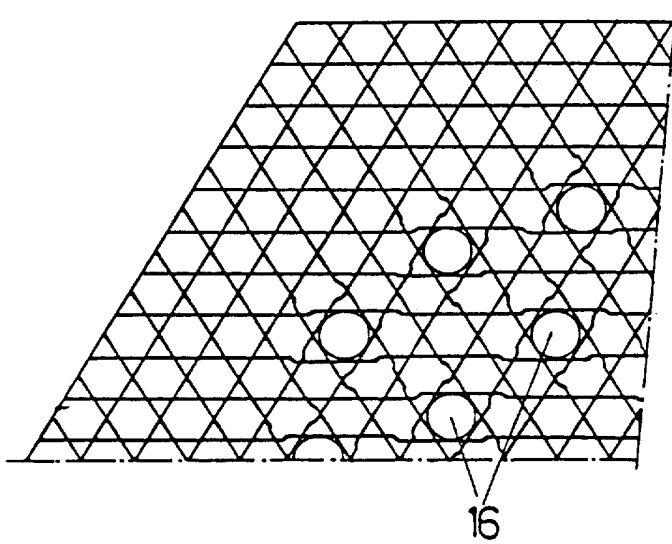
10 9. Jaderný palivový článek reaktoru podle kteréhokoliv z nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že vnitřní destičky (64, 66) každé mříže (20, 22) mají na svých koncích vykrojení (79) pro docílení jejich průsečíku s vnějšími destičkami pod úhlem 90°.

15 10. Jaderný palivový článek reaktoru podle kteréhokoliv z nároků 1 až 10, **vyznačující se tím**, že destičky (64, 66) jsou opatřeny v místech překřížení rovnými zkosenými drážkami.

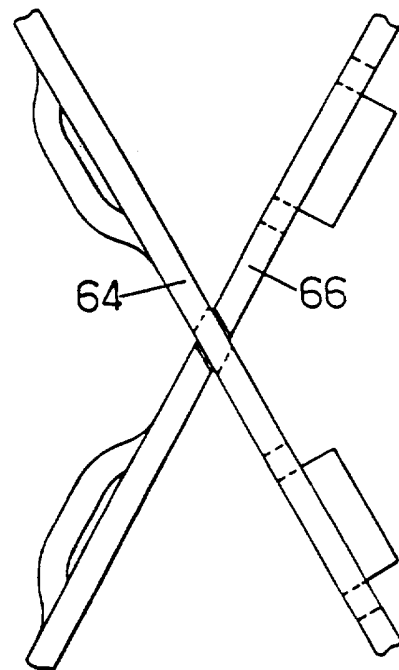
3 výkresy



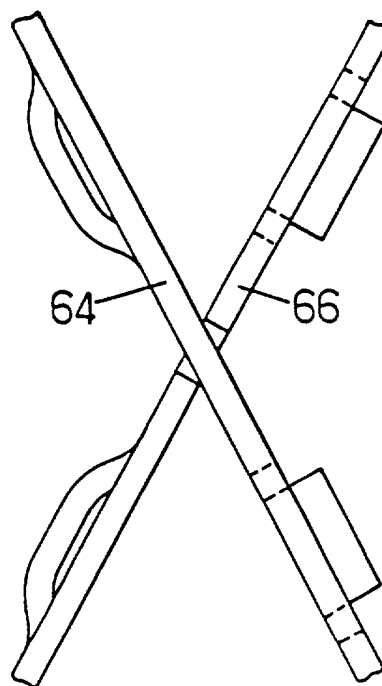
Obr. 4



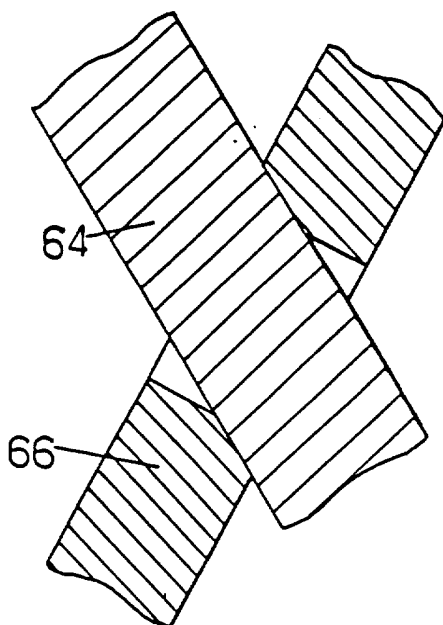
Obr. 5A



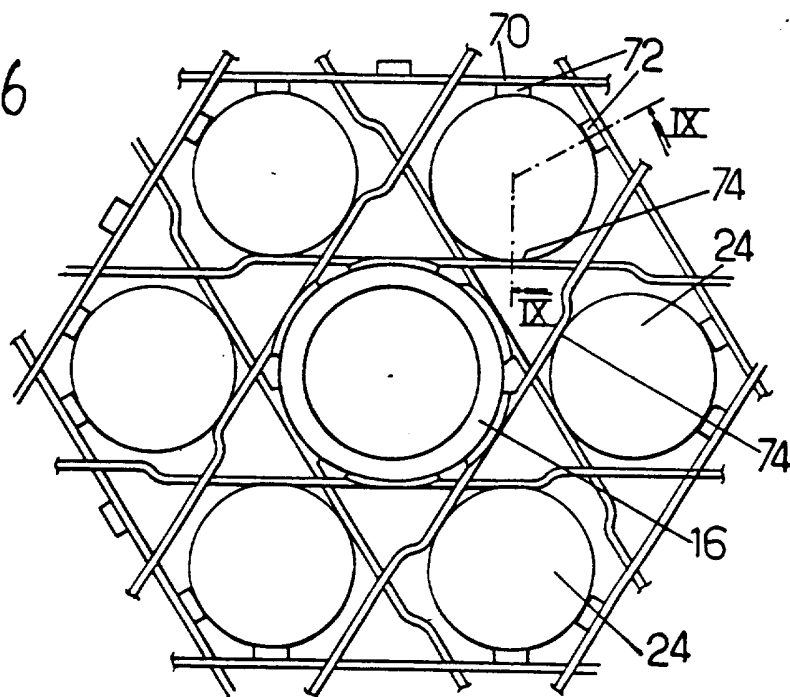
Obr. 5B



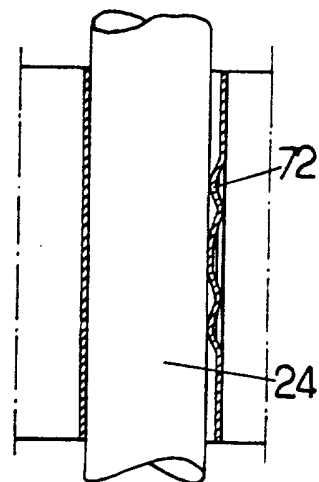
Obr. 5



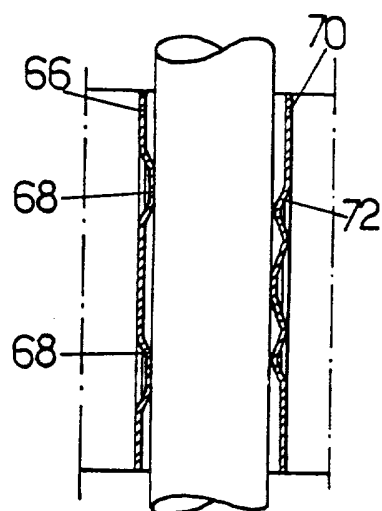
Obr. 6



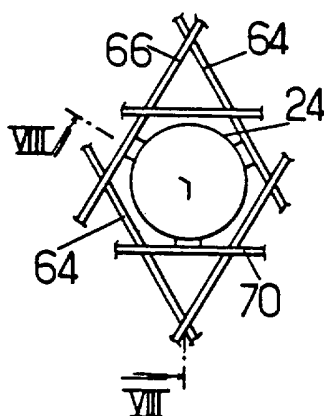
Obr. 9



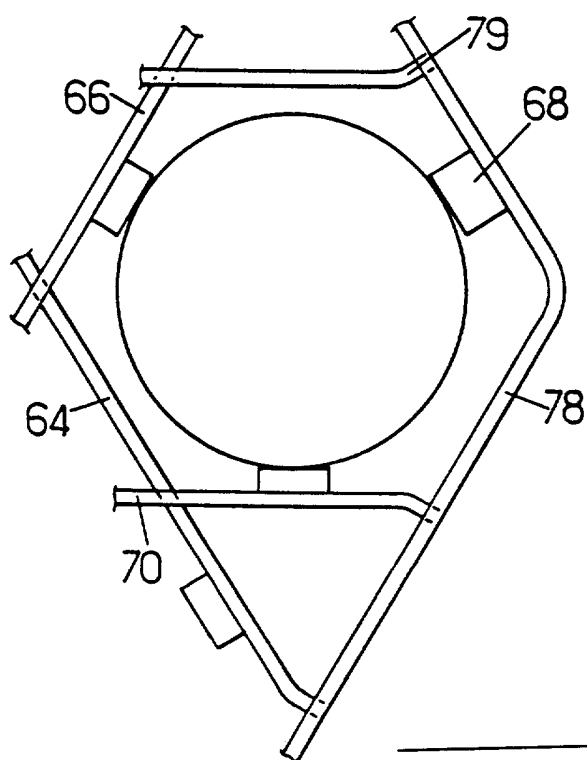
Obr. 8



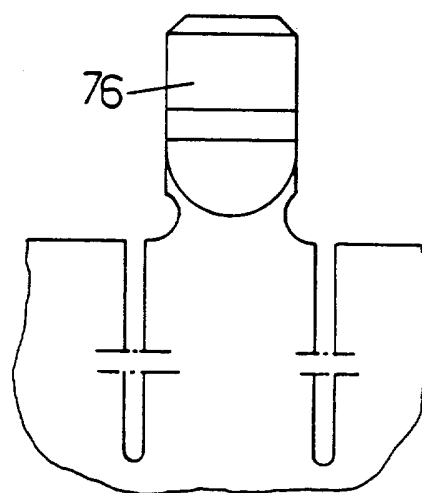
Obr. 7



Obr. 11



Obr. 10



Konec dokumentu