



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

201 251 ✓

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 05 07 77
(21) PV 4472-77

(51) Int. Cl. C 22 C 16/00

(40) Zveřejněno 31 01 80
(45) Vydáno 01 03 83

(75)
Autor vynálezu

KLOC KAREL ing. CSc., KOŠLER SLAVOMÍR ing., PRAHA, VÁCLAVÍK EMIL ing. CSc.,
DOBŘÍŠ, VRTÍLKOVÁ VĚRA ing., PRAHA (ČSSR), ANISIMOVA IRINA ALEXANDROVNA,
KALAŠNIKOV VJAČESLAV VJAČESLAVOVIČ A NIKULINA ANTONIJA VASILJEVNA, MOSKVA
(SSSR)

(54) Zirkoniová slitina pro jaderné reaktory

1

Vynález se týká pětisložkové zirkoniové slitiny typu zirkonium - chrom - železo - molybden - vanad použitelné vzhledem k výhodným vlastnostem, pro povlaky palivových elementů jaderných reaktorů v prostředí horké vody nebo přehřáté páry.

V současné době jsou průmyslově aplikovány pro povlakové trubky jaderného paliva dva typy zirkoniových slitin. Je to jednak pětisložková slitina zirkonium - cín - železo - chrom - nikl, jednak dvousložková slitina zirkonium - niob. Směrné složení těchto slitin se pohybuje v mezích :

zirkonium - cín - železo - chrom - nikl:

1,20 - 1,70 hmot. % cínu
0,07 - 0,20 hmot. % železa
0,05 - 0,15 hmot. % chromu
0,03 - 0,08 hmot. % niklu

zirkonium - niob:

0,90 - 1,10 hmot. % niobu

Oba typy slitin se používají v tlakovodních reaktorech, kde pracují v prostředí tlakové vody o teplotě nižší než 300°C. Jsou málo odolné v prostředí páry o teplotě 400° - 500°C.

V patentové literatuře a odborné literatuře je dosud zaznamenáno několik typů zirkoniových slitin. Pouze u tří jsou však uvedeny informace potřebné pro srovnání vlastností

201 251

e navrhovanou slitinou. Tyto slitiny však doposud nebyly aplikovány v praxi. Jde o tří-složkové slitiny typu zirkonium - měď - železo; zirkonium - chrom - železo o směrných složeních :

zirkonium - měď - železo:

1,1 - 1,3 hmot. % mědi

0,2 - 0,4 hmot. % železa

zirkonium - chrom - železo:

1,0 - 1,2 hmot. % chromu

0,1 - 0,15 hmot. % železa

a čtyřsložkové slitiny zirkonium - niob - cín - chrom - železo, případně molybden, o směrném složení

0,50 - 1,00 hmot. % niobu

0,05 - 0,10 hmot. % cínu

0,01 - 0,50 hmot. % chromu

0,02 - 0,05 hmot. % železa

Hlavní nevýhody těchto slitin, zejména obou slitin doposud využívaných v praxi, spočívají v jejich nízké korozní t.j. oxidační a hydridační odolnosti v prostředí přehřáté páry při vyšších teplotách. Tím je znemožněno, při použití těchto slitin, zvýšení pracovních teplot v jaderných reaktorech.

Uvedené nevýhody odstraňuje zirkoniová slitina pro jaderné reaktory podle vynálezu, jejíž podstata spočívá v tom, že obsahuje legující kovové prvky chrom, železo, molybden, vanad v množství 0,2 až 1,2 hmotnostních % chromu, 0,1 až 0,8 hmotnostních % železa, 0,2 až 1,0 hmotnostních % molybdenu a 0,1 až 0,8 hmotnostních % vanadu, zbytek tvoří zirkonium.

Celkový obsah všech čtyř legujících kovových prvků se pohybuje v rozmezí 1,2 až 2,8 hmotnostních %.

Docílené vlastnosti slitiny jsou výsledkem vzájemného působení všech čtyř legujících prvků v zirkoniu. Hlavní výhody zirkoniové slitiny podle vynálezu spočívají v její velmi dobré korozní odolnosti zejména v prostředí přehřáté páry při zachování dostatečných mechanických vlastností.

Příkladné provedení a porovnání vlastností slitin dle vynálezu a dosud známými slitinami je uvedeno v následujících tabulkách.

Tabulka 1.

Rychlost oxidace /mg/dm².den/

	Slitina /hmot. %/	voda 300°C	pára 400°C	pára 500°C
slitiny dle vynálezu	Zr-0,3 Cr-0,4 Fe-0,7 Mo-0,4V	0,10	0,19	0,90
	Zr-0,5 Cr-0,5 Fe-0,45 Mo-0,25V	0,07	0,22	0,95

Známé slitiny	Zr-1, 2Sn-0,15 Fe-0,1 Cr-0,05Ni	0,08	1,40	9,60
	Zr-1, 2Cu-0,3 Fe	0,02	0,22	1,00
	Zr-1, 1Cr-0,1 Fe	0,07	0,28	0,8-1,5
	Zr-1, 0Nb	0,10	0,60	5,31
	Zr-0,5 Nb-0,06 Sn-0,5 Cr-0,04Fe	0,05	0,56	-

Tabulka 2.

Rychlost hydridace /ppm/den/ pro tloušťku vzorku ~1 mm

	Slitina /hmot. %/	voda 300°C	pára 400°C	pára 500°C
slitiny dle vynálezu	Zr-0,3 Cr-0,4 Fe-0,7 Mo-0,4V	0,25	0,35	2,90
	Zr-0,7 Cr-0,4 Fe-0,7 Mo-0,4V	0,20	0,38	1,98
Známé slitiny	Zr-1,2 Sn-0,15 Fe-0,1 Cr-0,05Ni	-	0,68	13,00
	Zr-1,2 Cu-0,3 Fe	-	0,50	1,80
	Zr-1,1 Cr-0,1 Fe	0,25	0,40	3,40
	Zr-1,0 Nb	6,15	1,58	10,90
	Zr-0,5 Nb-0,06 Sn-0,04 Fe	0,20	0,74	-

Tabulka 3.

Mechanické vlastnosti

	Slitina /hmot. %/	20°C			400°C			450°C		
		σ_{Pt} /MPa/	$\sigma_{0,2}$ /MPa/	δ /%/	σ_{Pt} /MPa/	$\sigma_{0,2}$ /MPa/	δ /%/	σ_{Pt} /MPa/	$\sigma_{0,2}$ /MPa/	δ /%/
slitiny dle vynálezu	Zr-0,7 Cr-0,4 Fe-0,7 Mo-0,4 V	410	230	40	-	-	-	236	-	41
	Zr-0,9 Cu-0,3 Fe-0,95 Mo-0,55 V	450	250	37	-	-	-	-	-	-
Známé slitiny	Zr-1,2 Sn-0,15 Fe-0,1 Cr-0,05 Ni	471	382	22	-	-	-	-	-	-
	Zr-1,2 Cu-0,3 Fe	441	382	31	186	167	48	-	-	-
	Zr-1,1 Cr-0,1 Fe	350	200	45	-	-	-	170	-	55
	Zr-1,0 Nb	539 ^x 390	412 ^x 220	15 ^x 37	205	115	35	-	-	-
	Zr-0,5 Nb-0,06 Sn-0,5 Cr-0,04 Fe	470	350	-	-	-	-	-	-	-

pozn.: mechanické vlastnosti jsou do značné míry ovlivněny obsahem příměsí a metalurgickou historií materiálu, např. údaje označené x platí pro slitinu s vyšším obsahem kyslíku cca 500 ppm.

201 251

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zirkoniová slitina pro jaderné reaktory, vyznačená tím, že obsahuje legující křovové prvky železo, chrom, molybden a vanad v množství 0,2 až 1,2 hmotnostních % chromu, 0,1 až 0,8 hmotnostních % železa, 0,2 až 1,0 hmotnostních % molybdenu, 0,1 až 0,8 hmotnostních % vanadu, zbytek tvoří zirkonium.
2. Zirkoniová slitina podle bodu 1 vyznačená tím, že obsah všech čtyř legujících kovových prvků leží v rozmezí 1,2 až 2,8 hmotnostních % a zbytek tvoří zirkonium.