

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

35 963

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G21C 9/016 (2006.01)

C04B 35/01 (2006.01)

C04B 28/18 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2021-39323**

(22) Přihlášeno: **29.10.2021**

(47) Zapsáno: **26.04.2022**

(73) Majitel:
ÚJV Řež, a. s., Husinec, Řež, CZ
Centrum výzkumu Řež s.r.o., Husinec, Řež, CZ
Ústav anorganické chemie AV ČR, v. v. i.,
Husinec, CZ
Univerzita Karlova, Praha 1, Staré Město, CZ

(72) Původce:
Ing. Petr Vácha, Velké Přílepy, CZ
RNDr. Václav Tyrpekl, Ph.D., Praha 4,
Hodkovičky, CZ
Ing. Bc. Tomáš Černoušek, Ph.D., Praha 9, Újezd
nad Lesy, CZ
Ing. Jan Prehradný, Ph.D., Doksany, CZ
Ing. Zbyněk Černý, CSc., Praha 8- Kobylice, CZ
Pavčina Rosypal, Bašť, CZ

(54) Název užitého vzoru:
Obětní materiál pro jaderný průmysl

CZ 35963 U1

Obětní materiál pro jaderný průmysl

5 Oblast techniky

Užitný vzor se týká složení univerzální anorganické matrice na geopolymerní bázi. do které je možné dispergovat vybraná prášková aditiva, jako jsou oxidy hliníku, železa, hořčíku, gadolinia, nebo jejich směsi, nebo fosforečnan vápenatý, nebo uhličitán vápenatý nebo směsi všech uvedených aditiv.

Výsledné směsné materiály jsou určeny pro přípravu funkčních obětních materiálů, které svým řízeným složením vedou k účinnější terminaci těžkých havárií jaderných reaktorů pomocí lokalizace a stabilizace taveniny vzniklé při havárii.

15

Dosavadní stav techniky

Obětní materiály jsou určeny pro účinnou terminaci havarijních situací, pro tzv. bezpečnostní zodolňování jaderných elektráren. Při těžkých haváriích se předpokládá rychlý nárůst teploty již roztavených částí aktivní zóny reaktoru a relokaci taveniny do spodní směřovací komory reaktorové nádoby. V důsledku vysoké teploty taveniny dochází k protavení nádoby a vylití taveniny mimo reaktorovou nádobu do bezpečnostního systému zvaného „core catcher“ nebo lapač „coria“. Výše uvedený obětní materiál předložený do prostoru „core catcher“ svou funkcí účinně ovlivňuje progresi těžké havárie a zvyšuje tak bezpečnost jaderných zařízení.

Jako obětní materiály se běžně používají materiály jako ocel, beton, nebo speciální směsi oxidu (typicky směsi obsahující Eu_2O_3 , Gd_2O_3), avšak tyto jednotlivé materiály jsou omezeny ve své funkci s ohledem na komplikované chování taveniny.

30

Podstata technického řešení

Pro přípravu obětního materiálu byla zvolena původní strategie. Byla vyvinuta původní anorganická matrice na geopolymerní bázi. do které je možné dispergovat vysokou koncentraci vybraných práškových funkčních aditiv nebo jejich směsi a připravit tak obětní materiál ve formě libovolných solidifikovaných prvků, jako jsou například krychle, kvádry, víceboké hranoly nebo válce ve zvolených rozměrech. Výběr aditiv a jejich směsi umožňují optimalizovat složení obětních prvků a zároveň umožňují sofistikovanou strategii prostorového rozvržení a rozvrstvení obětních prvků předkládaných do prostoru lapačů „coria“. Flexibilita ve složení a rozložení sestav obětních prvků lze pak využít pro účinnou úpravu vlastností havarijních tavenin při těžké havárii v lapači „coria“.

Obětní materiály byly připraveny z anorganická matrice na geopolymerní bázi. která je tvořena 10,2 až 11,9 % molárních Na_2O , 51,1 až 54,9 % molárních SiO_2 , 12,9 až 14,4 % molárních Al_2O_3 , 5,6 až 15,8 % molárních MgO a 8,1 až 14,7 % molárních CaO a zbytek tvoří Fe_2O_3 , koncentrace jsou vztaženy na bezvodý stav matrice.

Obětní materiály byly připraveny tak, že do vodné suspenze anorganické matrice bylo dispergováno funkční aditivum v koncentraci až 36 % hmotnostních MgO , nebo až 42 % hmotnostních obsahu Al_2O_3 , nebo až 23 % hmotnostních obsahu Fe_2O_3 , nebo až 32 % hmotnostních Gd_2O_3 , nebo až 51 % hmotnostních CaCO_3 , nebo až 38 % hmotnostních $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ vztaženo 11a výsledný bezvodý obětní materiál nebo směs uvedených aditiv v jejich celkové koncentraci až 41 % hmotnostních, vztaženo na výsledný bezvodý obětní materiál.

55

Příklady uskutečnění technického řešení

Příklad 1

5

Byla připravena anorganická matrice na geopolymerní bázi se složením 10,8 % molárních Na₂O, 52,3 % molárních SiO₂, 14,3 % molárních Al₂O₃, 14,3 % molárních MgO a 8,1 % molárních CaO, vztaženo na bezvodý stav matrice. Zbytková množství Fe₂O₃ nejsou do složení započítána.

10

Obětní materiál byl připraven tak, že do vodné suspenze matrice s obsahem 70,9 % hmotnostních sušiny bylo dispergováno dalších 34,4 % hmotnostních MgO, vztaženo na hmotnost předložené suspenze. Obsah přidaného MgO tvoří 32,7 % hmotnostních vztaženo na výsledný bezvodý stav obětního materiálu.

15

Vznikl obětní materiál ve formě krychlí s rozměry 50*50*50 mm se složením 5,8 % molárních Na₂O, 29,2 % molárních SiO₂, 8,2 % molárních Al₂O₃, 52 % molárních MgO a 4,8 % molárních CaO, vztaženo na bezvodý stav obětního materiálu.

Příklad 2

20

Byla připravena anorganická matrice na geopolymerní bázi se složením 10,2 % molárních Na₂O, 51,1 % molárních SiO₂, 14,4 % molárních Al₂O₃, 15,8 % molárních MgO a 8,5 % molárních CaO, vztaženo na bezvodý stav matrice. Zbytková množství Fe₂O₃ nejsou do složení započítána.

25

Obětní materiál byl připraven tak, že do vodné suspenze matrice s obsahem 70,9 % hmotnostních sušiny bylo dispergováno 6,3 % hmotnostních MgO, 5,8 % hmotnostních Gd₂O₃, 8 % hmotnostních Ca₃(PO₄)₂, 8 % hmotnostních Fe₂O₃ a 11,8 % hmotnostních Al₂O₃, přičemž hmotnostní % jsou vztažena na hmotnost předložené suspenze. Obsah přidané směsi aditiv tvoří 36 % hmotnostních, vztaženo na výsledný bezvodý stav obětního materiálu.

30

Vznikl obětní materiál ve formě pravidelného hexagonu s hranou 50 mm se složením 7,1 % molárních Na₂O, 35,7 % molárních SiO₂, 18,3 % molárních Al₂O₃, 3,8 % molárních Fe₂O₃, 20,6 % molárních MgO, 11,5 % molárních CaO, 1,9 % molárních P₂O₅ a 1,1 % molárních Gd₂O₃, vztaženo na bezvodý stav obětního materiálu.

35

Příklad 3

40

Byla připravena anorganická matrice na geopolymerní bázi se složením 10,2 % molárních Na₂O, 51,1 % molárních SiO₂, 14,4 % molárních Al₂O₃, 15,8 % molárních MgO a 8,5 % molárních CaO, vztaženo na bezvodý stav matrice. Zbytková množství Fe₂O₃, nejsou do složení započítána.

45

Obětní materiál byl připraven tak, že do vodné suspenze matrice s obsahem 58,7 % hmotnostních sušiny bylo dispergováno 17,5 % hmotnostních Fe₂O₃, vztaženo na hmotnost předložené suspenze. Obsah přidaného Fe₂O₃ tvoří 23 % hmotnostních, vztaženo na výsledný bezvodý stav obětního materiálu.

50

Vznikl obětní materiál ve formě s průměrem 20 mm a výškou 35 mm se složením 10,1 % molárních Na₂O, 45,6 % molárních SiO₂, 11,9 % molárních Al₂O₃, 12,1 % molárních Fe₂O₃, 13,2 % molárních MgO, 7,1 % molárních CaO, vztaženo na bezvodý stav obětního materiálu.

55

Příklad 4

Byla připravena anorganická matrice na geopolymerní bázi se složením 11,9 % molárních Na₂O, 54,9 % molárních SiO₂, 12,9 % molárních Al₂O₃, 5,6 % molárních MgO a 14,7 % molárních CaO, vztaženo na bezvodý stav matrice. Zbytková množství Fe₂O₃ nejsou do složení započítána.

Obětní materiál byl připraven tak, že do vodné suspenze matrice s obsahem 61 % hmotnostních sušiny bylo dispergováno dalších 33,5 % hmotnostních MgO, vztaženo na hmotnost předložené suspenze. Obsah přidaného MgO tvoří 35,4 % hmotnostních, vztaženo na výsledný bezvodý stav obětního materiálu.

Vznikl obětní materiál ve formě pravidelného hexagonu s hranou 50 mm se složením 6,6 % molárních Na₂O, 30,6 % molárních SiO₂, 7,2 % molárních Al₂O₃, 47,1 % molárních MgO, 8,5 % molárních CaO, vztaženo na bezvodý stav obětního materiálu.

Příklad 5

Byla připravena anorganická matrice na geopolymerní bázi se složením 11,9 % molárních Na₂O, 54,9 % molárních SiO₂, 12,9 % molárních Al₂O₃, 5,6 % molárních MgO a 14,7 % molárních CaO, vztaženo na bezvodý stav matrice. Zbytková množství Fe₂O₃ nejsou do složení započítána.

Obětní materiál byl připraven tak, že do vodné suspenze matrice s obsahem 61 % hmotnostních sušiny bylo dispergováno 36,9 % hmotnostních Ca₃(PO₄)₂, vztaženo na hmotnost předložené suspenze. Obsah přidaného Ca₃(PO₄)₂ pak tvoří 37,7 % hmotnostních, vztaženo na výsledný bezvodý stav obětního materiálu.

Vznikl obětní materiál ve formě krychlí s rozměry 50*50*50 mm se složením 7,7 % molárních Na₂O, 35,7 % molárních SiO₂, 8,4 % molárních Al₂O₃, 3,8 % molárních MgO, 35,8 % molárních CaO a 8,6 % molárních P₂O₅, vztaženo na bezvodý stav obětního materiálu.

Příklad 6

Byla připravena anorganická matrice na geopolymerní bázi se složením 10,8 % molárních Na₂O, 52,3 % molárních SiO₂, 14,3 % molárních Al₂O₃, 14,3 % molárních MgO a 8,3 % molárních CaO, vztaženo na bezvodý stav matrice. Zbytková množství Fe₂O₃ nejsou do složení započítána.

Obětní materiál byl připraven tak, že do vodné suspenze matrice s obsahem 65,5 % hmotnostních sušiny bylo dispergováno dalších 46,1 % hmotnostních Al₂O₃, vztaženo na hmotnost předložené suspenze. Obsah přidaného Al₂O₃, tvoří 41,3 % hmotnostních, vztaženo na výsledný bezvodý stav obětního materiálu.

Vznikl obětní materiál ve formě pravidelného hexagonu s hranou 50 mm se složením 6,9 % molárních Na₂O, 34,9 % molárních SiO₂, 41,6 % molárních Al₂O₃, 10,8 % molárních MgO, 5,8 % molárních CaO, vztaženo na bezvodý stav obětního materiálu.

Příklad 7

Byla připravena anorganická matrice na geopolymerní bázi se složením 10,8 % molárních Na₂O, 52,3 % molárních Si₂, 14,3 % molárních Al₂O₃, 14,3 % molárních MgO a 8,3 % molárních CaO, vztaženo na bezvodý stav matrice. Zbytková množství Fe₂O₃ nejsou do složení započítána.

Obětní materiál byl připraven tak, že do vodné suspenze matrice s obsahem 62,4 % hmotnostních sušiny bylo dispergováno dalších 29,3 % hmotnostních Gd₂O₃, vztaženo na hmotnost předložené suspenze. Obsah přidaného Gd₂O₃ tvoří 31,9 % hmotnostních, vztaženo na výsledný bezvodý stav obětního materiálu.

Vznikl obětní materiál ve formě válečku s průměrem 20 mm a výškou 35 mm se složením 9,1 % molárních Na₂O, 46,8 % molárních SiO₂, 13,3 % molárních Al₂O₃, 14,9 % molárních MgO, 7,9 % molárních CaO a 8 % molárních Gd₂O₃, vztaženo na bezvodý stav obětního materiálu.

Příklad 8

5 Byla připravena anorganická matrice na geopolymerní bázi se složením 11,9 % molárních Na_2O , 54,9 % molárních SiO_2 , 12,9 % molárních Al_2O_3 , 5,6 % molárních MgO a 14,7 % molárních CaO , vztaženo na bezvodý stav matrice. Zbytková množství Fe_2O_3 nejsou do složení započítána.

10 Obětní materiál byl připraven tak, že do vodné suspenze matrice s obsahem 63,2 % hmotnostních sušiny bylo dispergováno 10,3 % hmotnostních MgO , 7,3 % hmotnostních Gd_2O_3 , 7,3 % hmotnostních Ca_3PO_4 , 8,2 % hmotnostních Fe_2O_3 a 10,3 % hmotnostních Al_2O_3 , % jsou vztažena na hmotnost předložené suspenze. Obsah přidané směsi aditiv tvoří 40,7 % hmotnostních, vztaženo na výsledný bezvodý stav obětního materiálu.

15 Vznikl obětní materiál ve formě krychlí s rozměry 50*50*50 mm se složením 5,4 % molárních Na_2O , 35 % molárních SiO_2 , 16,9 % molárních Al_2O_3 , 3,8 % molárních Fe_2O_3 , 19,7 % molárních MgO , 16,1 % molárních CaO , 1,7 % molárních P_2O_5 a 1,4 % molárních Gd_2O_3 , vztaženo na bezvodý stav obětního materiálu.

Příklad 9

20 Byla připravena anorganická matrice na geopolymerní bázi se složením 10,8 % molárních Na_2O , 52,3 % molárních SiO_2 , 14,3 % molárních Al_2O_3 , 14,3 % molárních MgO a 8,3 % molárních CaO , vztaženo na bezvodý stav matrice. Zbytková množství Fe_2O_2 nejsou do složení započítána.

25 Obětní materiál byl připraven tak, že do vodné suspenze matrice s obsahem 62,3 % hmotnostních sušiny bylo dispergováno 63,7 % hmotnostních CaCO_3 , vztaženo na hmotnost předložené suspenze. Obsah přidaného CaCO_3 tvoří 50,6 % hmotnostních, vztaženo na výsledný bezvodý stav obětního materiálu.

30 Vznikl obětní materiál ve formě válečku s průměrem 20 mm a výškou 35 mm se složením 3,5 % molárních Na_2O , 22,3 % molárních SiO_2 , 6,2 % molárních Al_2O_3 , 2,7 % molárních MgO a 36,2 % molárních CaO a 29,1 % molárních CO_2 , vztaženo na bezvodý stav obětního materiálu.

Průmyslové využití

35

Materiály na bázi uvedené anorganické matrice na geopolymerní bázi s vybranými aditivy nebo jejich směsmi jsou určeny pro změnu vlastností taveniny „coria“ vznikající při jaderných haváriích, jejího utuhnutí nebo její lokalizaci při těžké havárii v jaderných elektrárnách.

NÁROKY NA OCHRANU

5 1. Obětní materiál pro jaderný průmysl, **vyznačující se tím**, že obsahuje anorganickou matici na geopolymerní bázi tvořenou 10,2 až 11,9 % mol. Na₂O, 51,1 až 54,9 % mol. SiO₂, 12,9 až 14,4 % mol. Al₂O₃, 5,6 až 15,8 % mol. MgO a 8,1 až 14,7 % mol. CaO a zbytek tvoří Fe₂O₃, vztaženo na bezvodý stav matrice.

10 2. Obětní materiál podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje dispergované funkční aditivum v koncentraci až 36 % hmotnostních MgO, nebo až 42 % hmotnostních obsahu Al₂O₃, nebo až 23 % hmotnostních obsahu Fe₂O₃, nebo až 32 % hmotnostních Gd₂O₃, nebo až 51 % hmotnostních CaCO₃, nebo až 38 % hmotnostních Ca₃(PO₄)₂ vztaženo na výsledný bezvodý obětní materiál nebo směs uvedených aditiv v jejich celkové koncentraci až 41 % hmotnostních, vztaženo na výsledný bezvodý obětní materiál.

15 3. Obětní materiál podle nároku 1 a 2, **vyznačující se tím**, že má formu solidifikovaných prvků jako jsou krychle, hexagony nebo válce.

15

20