

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

# 21166

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

**G21F 9/16** (2006.01)  
**G21F 9/14** (2006.01)  
**G21F 9/12** (2006.01)  
**G21F 9/04** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2010 - 22864**

(22) Přihlášeno: **17.06.2010**

(47) Zapsáno: **09.08.2010**

(73) Majitel:

CHEMCOMEX Praha, a.s., Praha, CZ

(72) Původce:

Süssmilch Josef Mgr. CSc., Kralupy nad Vltavou, CZ

Svoboda Štěpán Ing., Bořitov, CZ

Grič Lukáš Ing., Beroun, CZ

Fabián Petr Ing., Skuhrov, CZ

(74) Zástupce:

Ing. Pavel Reichel, Lopatecká 14, Praha 4, 14700

(54) Název užitého vzoru:

**Zařízení pro solidifikaci semikapalných radioaktivních odpadů včetně kalů a ionexů a solidifikát těchto odpadů**

**CZ 21166 U1**

## Zařízení pro solidifikaci semikapalných radioaktivních odpadů včetně kalů a ionexů a solidifikát těchto odpadů

### Oblast techniky

5 Předmětem tohoto technického řešení je zařízení pro solidifikaci semikapalných radioaktivních odpadů včetně kalů a ionexů a solidifikát těchto odpadů.

### Dosavadní stav techniky

10 Odpady z jaderných elektráren, obecně radioaktivní odpady, jsou v současné době ukládány v ocelových sudech a solidifikovány cementací nebo bitumenací. Obě tyto metody mají své limity a nedostatky. Z cementových solidifikátů se některé radionuklidy, jako je například <sup>137</sup>Cs, vodou vyluhují, což představuje potenciální možný únik radioaktivní látky do životního prostředí. Bitumenová matrice je organického původu, trvale plastická, a tudíž nevhodná pro některé aplikace.

Je známo, že pro zpeňování nebezpečných kalů a odpadních vod jsou z průmyslových výroby a galvanoven v omezeném rozsahu používány geopolymerní kompozity, připravené na bázi elektrárenských a teplárenských popelů a popílků a jílových minerálů kaolinitického typu. Tato řešení jsou popsána například v patentech US 4349386, US 4472199, US 4509985, US 4522652, US 4533393, US 4608795, US 44640715, US 4642137, US 4859367, US 5244726, US 5349118, US 5539140 a dalších. Tepelně upravené kaolinitické jílové materiály, smíšené s alkalickými aktivátory, poskytují solidifikáty s vyhovujícími pevnostmi v tlaku, vysokou zachytnou schopností pro vybrané radionuklidy a toxické látky. Využívá se přitom jedné z výrazných vlastností geopolymerních, kterou je možnost uzavírat do prostorové anorganické polymerní sítě řadu kationů a tím je imobilizovat. Určitým nedostatkem čistě geopolymerních matric je jejich vyšší otevřená pórovitost, která se projevuje vyšší nasákavostí produktů solidifikace. Tento nedostatek lze vhodnou skladbou aluminosilikátové složky do značné míry potlačit. Geopolymerní matrice naopak vykazují dlouhodobou stabilitu a postupně se zvyšující pevnost. Vítanou vlastností geopolymerních matric je jejich odolnost proti ohni. Materiály anorganického typu ani nehoří a tudíž neprodukují žádné zplodiny. Oproti cementům portlandského typu jsou odolné až do přibližně 1000 °C. Po dalším zvýšení teploty jsou po určitém smrštění konvertovány na keramické hmoty. Současně bylo prokázáno, že uvedené materiály nepodléhají změnám při prudké změně teploty a jsou do značné míry odolné vůči vlivům kyselin a zásad. Je známo, že mají schopnost vázat a zapouzdřit do vznikající prostorové polymerní sítě velké množství plniv, například až 75 % hmotn. písku. Stabilizace toxických a radioaktivních odpadů je popsána rovněž v patentových spisech GB 2270910, US 4028265 a US 4632778. V případě dokumentu GB 2270910 jsou toxické nebo radioaktivní odpady uzavřeny v betonové matici po předchozí absorpci ve vypáleném jílovitém materiálu. Obdobně v dokumentech US 4028265 a US 4632778 je fixace odpadu provedena v keramickém materiálu, kdy je produkt po míchání pálen. Společným znakem uvedených technologií je míšení radioaktivních odpadů s jílovými materiály a následné tepelné zpracování směsi za vysokých teplot, to znamená výpal směsi, kdy se jílová složka přetváří na složku keramickou. Nevýhodou je nadměrná spotřeba energie, především v důsledku závěrečného vypalování, aby se získal tuhý produkt.

40 Cílem tohoto technického řešení je uzavřít radioaktivní odpady pocházející z provozu jaderných elektráren do prostorové anorganické polymerní sítě a dosáhnout jejich zpevnění, provázeného imobilizací radionuklidů, přítomných v semikapalných radioaktivních kalcích a vysycených ionexech, a to bez jejich předchozích úprav při současných nízkých provozních nákladech a nízké spotřebě energie.

### 45 Podstata technického řešení

Technické řešení se týká zařízení pro solidifikaci semikapalných radioaktivních odpadů včetně kalů a ionexů, vznikajících v primárním okruhu jaderných elektráren.

Podstata technického řešení spočívá v tom, že zahrnuje separátor transportní vody pro odvodnění vstupní suroviny a dále mísicí nádobu, tvořenou buď rotačně uspořádaným transportním sudem, se zařízením pro míchání odvodněného odpadu s maticí, kde tato nádoba je opatřena protiběžnými lopatkami s možností jejich pohybu ve vertikálním směru pro zpřístupnění celého objemu nádoby lopatkám při skládání jejich pohybů, nebo, v případě fixně zakotvené nádoby je pro přípravu záměsi v ní uspořádána disková turbína, a kde zařízení je vybaveno expandérem pro umožnění naplnění nádoby až po její horní okraj a tím i využití celého jejího objemu, přičemž ve funkční poloze po ukončení míchání je expandér vtlačen do záměsi.

V obou případech je mísicí nádoba opatřena expandérem, umožňujícím využití celého objemu nádoby při míchání. Expandér je po ukončení míchání zasunut do mísicí nádoby, která je po zatuhnutí záměsi opatřena víkem. Při použití protiběžných lopatek jsou jejich otáčky v rozmezí od 200 do 700 za minutu a otáčky nádoby 2 až 3 za minutu, v závislosti na viskozitě míchané směsi. Při použití diskové turbíny jsou v rozmezí od 300 do 1200 za minutu. Obě tato zařízení umožňují přípravu dokonale promíchaného produktu solidifikace.

Dalším předmětem technického řešení je solidifikát radioaktivních odpadů kalů a ionexů, který zahrnuje směs odvodněného vstupního kalu či ionexu, vmíšenou do alkalicky aktivované aluminosilikátové matrice, zahrnující mikrosiliku, metakaolin, vysokopecní strusku, popílek a zeolit, s přísadami a plastifikátory a přísadami pro nastavení požadovaného počátku tuhnutí směsi. V matrici je obsaženo 20 až 25 % sušiny ionexů, což odpovídá až 50 % hm. vlhkého vysyceného ionexu, pozůstávajícího z katexu a anexu v poměru jedna ku jedné, přičemž solidifikát má pevnost v tlaku vyšší než 10 MPa po 28 dnech tuhnutí, index loužitelnosti podle ANSI/ANS-16.1 pro <sup>137</sup>Cs vyšší než 12 a je odolný vůči účinkům bobtnání ionexu. Zařízení pro solidifikaci odpadů umožňuje dosažení maximálního využití objemu mísicí nádoby a tím i úsporu objemu úložiště. K další úspoře dochází v důsledku vysokého naplnění produktu solidifikace vloženým odpadem a v důsledku účinného zpracování semikapalných radioaktivních kalů s proměnným obsahem ionexů v rozsahu 0 až 100 % bez nutnosti jejich předchozích úprav. Zpracování odpadů je založeno na využití alkalicky aktivované aluminosilikátové matrice takového složení, které umožní naplnění 20 až 25 % hmotnostních „sušiny“ ionexů v produktu solidifikace, což představuje až 50 % hmotnostních vlhkého vysyceného ionexu pozůstávajícího z katexu a anexu v poměru jedna ku jedné. Matrice pozůstává, z aluminosilikátu speciálního složení a kapalného alkalického aktivátoru.

Předností tohoto technického řešení solidifikace vysycených ionexů a kalů je, že kromě odvodnění (to je odstranění přebytečné transportní vody z odpadu) proces nevyžaduje žádnou úpravu fyzikálního stavu ionexů před jejich zpevněním. S přibývajícím obsahem kalových podílů se stupeň naplnění úměrně snižuje podle charakteru konstituentů kalové složky. Při stanovení hydrolytické odolnosti produktu solidifikace nedochází, a to i přes extrémně vysoké naplnění produktu směsí ionexů, k objemovým změnám produktu, popraskání či rozpadu vzorků. Produkty solidifikace s velkou rezervou splňují limity a podmínky přijatelnosti na úložiště radioaktivních odpadů. Řešení zahrnuje zpracování směsí ionexů a kalů komplexně, včetně hydrotransportu předmětného odpadu, jeho odvodnění, solidifikaci s využitím matrice v transportním obalovém souboru, řízené vytvrzování, uzavření a označení sudů. Součástí procesu je i odběr svědečných vzorků. Zpracovatelská jednotka je plně autonomní, bezobslužná, transportabilní.

Pro dosažení maximálního využití úložiště jsou v procesu zpracování odpadů volitelně nasazena následující opatření:

- 45 - Na vstupu technologické jednotky zařízení je použit separátor transportní vody, zajišťující optimální odvodnění vstupní suroviny tak, aby všechna zbylá voda v koncentrátu zreagovala za optimálních podmínek s maticí.
- Míchání komponent probíhá přímo v nádobě (sudu), ve které bude solidifikát uložen a která je během míchání opatřena expandérem, dočasně zvětšujícím objem nádoby tak, aby výsledná

směs zaplnila nádobu těsně pod okraj. Po ukončení míchání je expandér vtačen do nádoby a po opatření nádoby víkem uložen spolu s nádobou se solidifikátem.

- 5 - Pro zmenšení množství sekundárních odpadů vzniklých při čištění technologie je vlastní míchadlo na konci technologického procesu uvolněno do nádoby a uloženo spolu se solidifikátem.

### Příklady provedení technického řešení

#### Příklad 1

10 Solidifikace směsi vysyceného reálného katexu a anexu z provozu jaderné elektrárny typu VVER v poměru 1 : 1 s obsahem sušiny ionexů v produktu 20 %, s použitím matrice ALUSIL GKA (matrice pro solidifikaci směsi katexu a anexu v poměru 1 : 1). Ve 200litrovém sudu se smísí 120 kg odvodněného ionexu a 60 kg kapalného aktivátoru GKA. Proveďte se promíchání po dobu cca 10 minut. Během dalších 10 až 30 minut (podle typu mísicího zařízení, viz níže) se postupně přidá 130 kg směsného aluminosilikátu GKA. Záměr se ponechá k zatuhnutí do druhého dne (bez pohybu a uzavření sudu víkem).

15 Dosahované skutečnosti:

Počátek tuhnutí: 55 minut

Pevnost v tlaku po 28 dnech: 12 až 18 MPa

Stupeň naplnění směsným ionexem v přepočtu na sušinu: 20 %

Index loužitelnosti dle ANSI/ANS-16.1 pro  $^{137}\text{Cs}$ : Li(7) je 11,6 až 12,1.

#### 20 Příklad 2

Solidifikace katexu vysyceného směsí přírodních radionuklidů s obsahem sušiny katexu v produktu solidifikace 20 %, s použitím matrice aluminosilikátu GK (vhodná pro solidifikaci katexu).

25 Ve 200litrovém sudu se smísí 122,5 kg odvodněného katexu a 68,5 kg kapalného aktivátoru GK. Proveďte se promíchání po dobu cca 5 minut. Během dalších 10 až 30 minut (podle typu mísicího zařízení, viz níže) se postupně přidá 119 kg směsného aluminosilikátu GK. Záměr se ponechá k zatuhnutí do druhého dne (bez pohybu a uzavření sudu víkem).

Dosahované skutečnosti:

Počátek tuhnutí: 70 minut

Pevnost v tlaku po 28 dnech: 28 až 32 MPa

30 Stupeň naplnění vysyceným katexem v přepočtu na sušinu: 20 %.

#### Příklad 3

Solidifikace reálného kalu z provozu jaderné elektrárny typu VVER s obsahem sušiny v produktu solidifikace 14,9 % s využitím matrice aluminosilikátu GL (vhodná pro solidifikaci kalu).

35 Ve 200litrovém sudu se smísí 122 kg kalu s obsahem sušiny 46,8 % a 98,6 kg kapalného aktivátoru GL. Proveďte se homogenizace (promíchání) po dobu ca 15 minut. Během dalších 10 až 30 minut (podle typu mísicího zařízení, viz níže) se postupně přidá 99,6 kg směsného aluminosilikátu GL. Záměr se ponechá k zatuhnutí do druhého dne (bez pohybu a uzavření sudu víkem).

Dosahované skutečnosti:

Počátek tuhnutí: 120 minut

40 Pevnost v tlaku po 28 dnech: 20 až 28 MPa

Stupeň naplnění kalu v přepočtu na sušinu: 14,9 %

Index loužitelnosti dle ANSI/ANS-16.1 pro  $^{137}\text{Cs}$ : Li(7) je 12 až 12,4.

## Příklad 4

5 Solidifikace směsi vysyceného reálného katexu a anexu z provozu jaderné elektrárny typu VVER společně s kalem, pozůstávající z 60 % kalu (s obsahem sušiny 27 %) a 40 % vysyceného vlhkého směsného ionexu (katex: anex = 1 : 1 s obsahem sušiny 48 %) v poměru 4 : 6, s využitím matrice ALUSIL GM (vhodné pro solidifikaci směsi ionexu a kalu).

Ve 200litrovém sudu se smísí 133,6 kg zahuštěné směsi ionexů a kalu se 76,9 kg kapalného aktivátoru GM. Proveďte se promíchání po dobu cca 10 minut, během dalších 10 až 30 minut (podle typu míšicího zařízení viz níže) se postupně přidá 164,9 kg směsného aluminosilikátu GM. Záměs se ponechá k zatuhnutí do druhého dne (bez pohybu a uzavření sudu víkem).

10 Dosahované skutečnosti:

Počátek tuhnutí: 54 minut

Pevnost v tlaku po 28 dnech: 15 až 22 MPa

Stupeň naplnění směsným odpadem v přepočtu na sušinu: 11,3 %

Index loužitelnosti dle ANSI/ANS-16.1 pro  $^{137}\text{Cs}$ : Li(7) je 11,0 až 11,3.

15 Zařízení a způsob jeho použití jsou určeny pro solidifikaci radioaktivních kalů a ionexů, vznikajících v primárním okruhu jaderných elektráren. Jsou využitelné i pro kaly a ionexy, vznikající v sekundárních okruzích jaderných elektráren, stejně jako pro v ostatních průmyslových provozech, kde vznikají toxické kaly a vysycené ionexy.

## N Á R O K Y   N A   O C H R A N U

20 1. Zařízení pro solidifikaci semikapalných radioaktivních odpadů včetně kalů a ionexů, vznikajících v primárním okruhu jaderných elektráren, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zahrnuje separátor transportní vody pro odvodnění vstupní suroviny a dále míšicí nádobu, tvořenou buď rotačně uspořádaným transportním sudem se zařízením pro míchání odvodněného odpadu s matricí, kde tato nádoba je opatřena protiběžnými lopatkami s možností jejich pohybu ve verti-  
25 kálním směru pro zpřístupnění celého objemu nádoby lopatkám při skládání jejich pohybů, nebo, v případě fixně zakotvené nádoby, je pro přípravu záměsi v ní uspořádána disková turbína, přičemž zařízení je dále vybaveno expandérem pro umožnění naplnění nádoby až po její horní okraj a tím i využití celého jejího objemu, přičemž ve funkční poloze po ukončení míchání je expandér vtlačen do záměsi.

30 2. Zařízení podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že při použití protiběžných lopatek jsou jejich otáčky v rozmezí od 200 do 700 za minutu a obrátky nádoby 2 až 3 za minutu, v závislosti na viskozitě míchané směsi, zatímco při použití diskové turbíny jsou otáčky v rozmezí od 300 do 1200 za minutu.

35 3. Solidifikát radioaktivních odpadů včetně kalů a ionexů, vznikajících v primárním okruhu jaderných elektráren, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zahrnuje směs odvodněných kalů a ionexů v množství 0 až 100 % vysycených ionexů, kde suroviny pro přípravu vlastní alkalicky aktivované aluminosilikátové matrice jsou mikrosilika, metakaolin, vysokopecní struska, popílek a zeolit, s přísadami a plastifikátory a přísadami pro nastavení požadovaného počátku tuhnutí záměsi.

4. Solidifikát podle nároku 3, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že v matrici je obsaženo 20 až 25 % sušiny ionexů, což odpovídá až 50 % hm. vlhkého vysyceného ionexu, pozůstávajícího z katexu a anexu v poměru jedna ku jedné, přičemž solidifikát má pevnost v tlaku vyšší než 10 MPa po 28 dnech tuhnutí, index loužitelnosti podle ANSI/ANS-16.1 pro  $^{137}\text{Cs}$  vyšší než 12 a  
5 je odolný vůči účinkům bobtnání ionexu během namáčecího testu.

---

Konec dokumentu

---