

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2007-9

(13) Druh dokumentu: **A3**

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno **02.01.2007**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **29.12.2008**
(Věstník č. 52/2008)

(51) Int. Cl.:

B09B 3/00 (2006.01)
G21F 9/16 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:

Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v. v. i.,
Praha, CZ
Ústav jaderného výzkumu Řež a.s., Husinec - Řež, CZ

(72) Původce:

Straka Pavel, Praha 9, CZ
Perná Ivana, Praha 7, CZ
Steinerová Michaela, Praha 9, CZ
Hanzlíček Tomáš, Praha 6, CZ

(74) Zástupce:

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

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob solidifikace a stabilizace
radioaktivních odpadů**

(57) Anotace:

Způsob solidifikace a stabilizace radioaktivních odpadů jejich mísením s dvouvrstevnými jílovitými materiály kaolinitického typu, kdy dvouvrstvé jílovité materiály, zahřáté na teplotu v rozmezí od 15 do 60 °C, se mísí ve vodném alkalickém prostředí, čímž se v nich vytváří prostorová alkalicky aktivovaná alumino-silikátová matrice, a pak se mísí s radioaktivními odpady v množství od 45 do 85 % hmotn. směsí tak, že se nastartuje polymerní reakce postupně v celém objemu reakční směsi, následně se směs samovolně vytvrzuje při teplotě a tlaku okolí v závislosti na teplotě okolí po dobu 4 až 12 hodin a vytváří solidifikát s minimální pevností v tlaku 5 MPa, ve kterém je radioaktivní odpad trvale vázaný do alumino - silikátové matrice. Od okamžiku zhomogenizování směsi se mísení může provádět při teplotě směsi do 25°C ještě nejméně dalších 10 minut. Radioaktivním odpadem je látka, vybraná ze skupiny, zahrnující radioaktivní kaly ze sekundárního chladicího okruhu jaderné elektrárny s obsahem 50 až 70 % hmotn. vody, radioaktivní kaly s obsahem 50 až 70 % hmotn. vody, kontaminované částicemi vyčerpaných ionexů, vyčerpané ionexy, popel spálených vyčerpaných ionexů a radioaktivní odpady ve formě roztoků neutrální, kyselé nebo zásadité vody s rozpuštěnými radioaktivními anorganickými látkami a solemi kovů a nekovů, zahrnujícími Sr, Cs, Fe, Co, Cu, Ni a B. Vyčerpané ionexy se před smísením s dvouvrstevnými jílovými minerály kaolinitického typu s alkalicky aktivovanou alumino-silikátovou maticí mohou rozemlít, čímž se poruší jejich kulovitý tvar.

CZ 2007 - 9 A3

Způsob solidifikace a stabilizace radioaktivních odpadů.

Oblast techniky

Předmětem tohoto vynálezu je způsob solidifikace a stabilizace radioaktivních odpadů.

Dosavadní stav techniky

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 radioaktivní materiál vodou vyluhuje, to znamená, že v případě zaplavení úložiště se radioaktivní látky mohou dostat do okolního prostředí, především do podzemních vod. Bitumenace, to je ukládání radioaktivních odpadů do asfaltových směsí, má nevýhody v tom, že je nutno odpady nejdříve vysušit. Další nevýhodou bitumenace je skutečnost, že v úložišti dochází k vývoji methanu. Je zapotřebí zajišťovat větrání a to přináší další doprovodné náklady.

Je známo, že pro využití elektrárenských a teplárenských popelů a popílků a pro zneškodňování kalů odpadních vod z průmyslových výrob a galvanoven se v omezeném rozsahu používají geopolymerní kompozity, které mohou být na bázi jílových minerálů kaolinitického typu. Jsou popsány například v USA patentech ^{US} 4349386, ^{US} 4472199, ^{US} 4509985, ^{US} 4522652, ^{US} 4533393, ^{US} 4608795, ^{US} 4640715, ^{US} 4642137, ^{US} 4859367, ^{US} 5244726, ^{US} 5349118, ^{US} 5539140 a dalších. Kaolinitické jílové materiály poskytují po tepelné aktivaci jílu ve vodném alkalickém prostředí solidifikáty s vysokými pevnostmi v tlaku prostém a jsou dobrou matricí pro inhibici a solidifikaci nebezpečných a toxických látek. Využívá se přitom jedné z výrazných vlastností geopolymérů, kterou je možnost uzavírat do prostorové anorganické polymerní sítě velké množství dalších anorganických látek a účinně je vázat do strukturní sítě. Nevýhodou geopolymerních matric je jejich pórovitost, především otevřená pórovitost, která se projevuje jako nasákavost matric. Z toho plynou omezení jejich využití. Vykazují naopak dlouhodobou stabilitu a zvyšující se pevnost a bylo prokázáno, že geopolymerní vazby projevují progresivní tendenci. Vedle této vlastnosti vyniká především odolnost proti ohni – materiály anorganického typu ani nehoří, ani nevydávají zplodiny, oproti cementům jsou odolné až do přibližně 1000 °C a pak s výjimkou dodatečného smrštění nepodléhají rozkladu, ale jsou konvertovány na keramické hmoty. Současně bylo prokázáno, že uvedené materiály nepodléhají změnám při prudké změně teploty a jsou 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 mísení radioaktivních odpadů s jílovými materiály, včetně dvouvrstvých jílových materiálů, 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.

Cílem tohoto vynálezu je uzavřít odpady z jaderných elektráren do prostorové anorganické polymerní sítě, dosáhnout solidifikace a stabilizace radioaktivních odpadů v podmínkách nízkých provozních nákladů a nízké spotřeby energie.

Podstata vynálezu

Vynález se týká způsobu solidifikace a stabilizace radioaktivních odpadů jejich mísením s dvouvrstvými jílovitými materiály kaolinitického typu. Podstata vynálezu spočívá v tom, že dvouvrstvé jílovité materiály, zahřáté na teplotu v rozmezí od 15 do 60 °C, se mísí ve vodném alkalickém prostředí, čímž se v nich vytváří prostorová alkalicky aktivovaná aluminosilikátová matrice, a pak se mísí s radioaktivními odpady v množství od 45 do 85 % hmotn. směsi tak, že se nastartuje polymerní reakce postupně v celém objemu reakční směsi, následně se směs samovolně vytvrzuje při teplotě a tlaku okolí v závislosti na teplotě okolí po dobu 4 až 12 hodin a vytváří solidifikát s minimální pevností v tlaku 5 MPa, ve kterém je radioaktivní odpad trvale vázaný do aluminosilikátové matrice. Dvouvrstvé jílové minerály kaolinitického typu se mohou ohřívat na teplotu od 15 do 25 °C, případně od 15 do 25 °C. Od okamžiku zhomogenizování směsi se mísení může provádět při teplotě směsi do 25 °C ještě nejméně dalších 10 minut.

Radioaktivním odpadem je látka, vybraná ze skupiny, zahrnující radioaktivní kaly ze sekundárního chladicího okruhu jaderné elektrárny s obsahem 50 až 70 % hmotn. vody, radioaktivní kaly s obsahem 50 až 70 % hmotn. vody, kontaminované částicemi vyčerpaných ionexů, vyčerpané ionexy, popel spálených vyčerpaných ionexů a radioaktivní odpady ve formě roztoků neutrální, kyselé nebo zásadité vody s rozpuštěnými radioaktivními anorganickými látkami a solemi kovů a nekovů, zahrnujícími Sr, Cs, Fe, Co, Cu, Ni a B.

Výhodou je dosažení solidifikace radioaktivních odpadů v podmínkách nízkých provozních nákladů a nízké spotřeby energie. Tyto výhody jsou výrazné při porovnání s dosavadními technologiemi solidifikace radioaktivních odpadů cementací nebo bitumenací.

Vyčerpané ionexy se před smísením s dvouvrstvými jílovými minerály kaolinitického typu s alkalicky aktivovanou alumino-silikátovou matricí mohou s výhodou rozemlít, čímž se poruší jejich kulovitý tvar. Mletím ionexů se zničí jejich kulovitá struktura, což znamená především snížení nebo výrazné potlačení efektu jejich bobtnání, a tím odstranění změny objemu vyčerpaných ionexů. Vyčerpané ionexy se z kulovitých částic mění na vláknitý materiál, který lze vmíchat do trojrozměrné sítě tvořené alkalicky aktivovanými alumino-silikáty.

Příklady provedení vynálezu

Radioaktivní odpad se odebírá ze zásobníku kalu nebo ionexu v jaderné elektrárně a zpracovává se kontinuálně nebo diskontinuálně. Reálný kal je složitý, těžko definovatelný systém z hlediska chemického složení, tak i svého původu. Je to sediment ve sběrné nádrži, kam se svádí kal ze sekundárního chladicího okruhu jaderné elektrárny. Tento sediment je radioaktivní tmavá, lepkavá a nesourodá kašovitá hmota, která obsahuje 50 až 70 % hmotn. vody, pokud není dodatečně odvodněna. Jeho pevná fáze je složena z částic nejrozličnějšího původu, částic ze stěn potrubí, minerálních i organických částic prachu, textilních, anorganických i živočišných vláken, nerozpustných solí, i pevných kovových částic. Obsahuje nebezpečné rozpuštěné látky, například soli jedovatých kovů a radioaktivních izotopů. Chemické složení je proměnlivé a natolik široké, že neposkytuje žádný definitivní obraz. Kal radioaktivního odpadu je proto definován pouze z hlediska obsahu vody, resp. sušiny a z hlediska své radioaktivity. Může být kontaminován kulovitými částicemi vyčerpaných ionexů, které se do něj případně dostaly technologickým nedopatřením a které mají být shromažďovány v jiné nádrži. Jejich obsah v kalu je neznámý, avšak je nutné očekávat, že budou v nádrži s kalem nehomogenně rozptýleny a mohou tvořit početné shluky a tedy kal s vyšším obsahem ionexů než v jiném místě nádrže s kalem. Radioaktivní odpady mohou být ve formě roztoku (voda s rozpuštěnými radioaktivními anorganickými látkami, neutrální, kyselé i zásadité, s libovolnou koncentrací solí kovů i nekovů, například Sr, Cs, Fe, Co, Cu, Ni a B).

Radioaktivní odpad je automaticky navažován nebo dávkován objemovým nebo časově krokovým dávkováním a podáván do zařízení, jehož míchací nádobu může tvořit vlastní úložný sud. Tato nádoba je uspořádána s míchadlem pro míchání směsi dvouvrstvých jílových minerálů kaolinitického typu, například metakaolinu, s alkalickým roztokem pro

vytvoření alumino-silikátové matrice s radioaktivními odpady v celém objemu nádoby. Míchadlo je uspořádáno výškově posuvně pro vyjmutí z nádoby pro homogenizaci směsi, tak, aby po ukončeném míchání mohlo být míchadlo vytaženo a obsah nádoby byl pak ponechán v klidu k vytvrzení. Nádoba je pak automaticky odsunuta a nahrazena další prázdnou nádobou a cyklus se kontinuálně opakuje. Plné nádoby (sudy) s nastartovanou chemickou reakcí obsahu nebo již s obsahem vytvrzeným se dopravují na úložiště radioaktivního odpadu.

Radioaktivní odpady se v nádobě mísí s dvouvrstvými jílovými minerály kaolinitického typu, například metakaolinem, s alkalicky aktivovanou alumino-silikátovou matricí při teplotě od 15 do 60 °C (s výhodou od 15 do 25 °C, případně od 20 do 25 °C), kde tyto minerály jsou v množství od 45 do 85 % hmotn. směsi, čímž se nejprve nastartuje polymerní reakce, načež se solidikát při udržování daného rozmezí teplot vytvrzuje v závislosti na teplotě okolí v rozsahu od 4 do 12 hodin.

V jiném příkladu provedení, například při solidifikaci a stabilizaci samotných vyčerpaných ionexů, mohou být ionexy v předcházejícím technologickém kroku rozemlety ve střížním, kulovém nebo vibračním mlýnu, s případným použitím abraziva. Vyčerpané ionexy se před smísením s dvouvrstvými jílovými minerály kaolinitického typu s alkalicky aktivovanou alumino-silikátovou matricí rozemelou, čímž se poruší jejich kulovitý tvar. Mletí ionexů, kdy se zničí jejich kulovitá struktura, znamená především snížení nebo výrazné potlačení efektu jejich bobtnání, a tím odstranění zásadní překážky – změny objemu vyčerpaných ionexů. Bylo prokázáno, že i když jsou v anexech přítomny aniony roztoků kyselin jako BO_3^{-3} , případně NO_3^- , nemají tyto aniony vliv na vznik a trvanlivost polymerní sítě. Při mletí, a to ať již v přítomnosti abraziv (písek, popel), nebo i v případě, že jsou vyčerpané ionexy mlety samostatně na střížním mlýnu, nedochází k uvolňování kapalin. Vyčerpané ionexy se z kulovitých částic mění na vláknitý materiál, který lze úspěšně vmíchat do trojrozměrné sítě tvořené alkalicky aktivovanými alumino-silikáty.

Ionexy se skládají z anexů a katexů (syntetizované vysoce odolné organické polymerní látky), které jsou schopné několikanásobně, to je regenerovatelně, vyměňovat aniony a kationy z vodných roztoků. Příkladem je tak zvané změkčování vody, kdy je zachycován ve vodě rozpuštěný vápník a vyměňován za sodík v katexu, čímž dochází ke snížení až odstranění nebezpečí tvorby vodního kamene (využití pro myčky nádobí, keramický průmysl a další). Regenerace se v tomto případě provádí prolitím ionexu roztokem kamenné soli (NaCl). Iontoměniče ve vodě mění svůj objem, bobtnají, a při sušení opět objem zmenšují. Tento efekt značně ztěžuje inhibici vyčerpaných ionexů v pórovitých maticích (cement,

anorganický polymer). Voda postupně proniká solidifikátem a bobtnající ionexy způsobí rozpad solidifikátu. Běžně je zapotřebí solidifikovat vyčerpané ionexy z jaderných elektráren, jako radioaktivní odpad s obsahem až 50 % hmotn. vody. Tvrdnutí anorganického polymeru (alkalicky aktivovaných alumino – silikátů) je založeno na postupném řetězení alumino-silikátů v alkalickém vodném prostředí. Při vmíchání kulovitých částic ionexů ve vytvářené třírozměrné polymerní síti dochází k jejich solidifikaci. Při namočení solidifikátu do vody se mění objem uzavřených ionexů (polymerní síť je pórovitá) a při plnění vyšším než 10 % hmotn. se solidifikát postupně rozpadá. Z tohoto důvodu se vyčerpané ionexy před smísením s dvouvrstvými jílovými minerály kaolinitického typu s alkalicky aktivovanou alumino-silikátovou maticí rozemelou, čímž se zničí jejich kulovitá struktura a výrazně se sníží nebo potlačí efekt jejich bobtnání, to je změna objemu.

Pro zamíchání do anorganického polymeru, tvořeného metakaolinem s alkalicky aktivovanou alumino-silikátovou maticí, mohou být rovněž použity ionexy, které jsou spáleny a solidifikován je jejich nespalitelný zbytek v podobě popela. Při spalování vyčerpaných ionexů se bobtnání ztrácí úplně a vzniklý popel, který má jen asi 20 % hmotn. původního objemu, se snadno a homogenně vmíchá do trojrozměrné sítě. Dosahuje se tak nejvyššího plnění (poměr matrice a inhibovaného materiálu, to je radioaktivního odpadu) a dobrých mechanických vlastností, pevnosti v tlaku solidifikátu vyšší než 10 MPa, v kombinaci s nízkou nebo takřka zanedbatelnou vyluhovatelností radioaktivních látek do vody.

Radioaktivní odpady, například kaly, ionexy nebo roztoky radioaktivních odpadů, jsou přimíchávány již od počátku směšování všech zúčastněných složek a jejich vysoký obsah vody, znemožňující klasické postupy, slouží jako rozdělovací voda. Jestliže jsou odpady suché, to je s obsahem do 5 % hmotn. vody, jsou přimíchávány až po náběhu reakce anorganického polymeru a vytvoření účinného pojiva.

Způsob kontinuální nebo diskontinuální výroby solidifikátů radioaktivních odpadů, například kalu a ionexů, probíhá následovně : Odebraná dávka kašovitého kalu nebo ionexů, obsahujícího 50 až 70 % hmotn. vody, se smíchá s pevnou a kapalnou složkou anorganického polymeru, například metakaolinu, a míchá se po dobu 40 minut. Tím se nastartuje polymerní reakce a hmota se po vytažení míchadla z míchací nádoby ponechá vytvrdnout. Změněné složení odpadu, vnášejícího do reakční směsi další vodu nebo roztoky kyselin (například kyseliny dusičné nebo kyseliny borité), mění i výsledné vlastnosti solidifikátu, a to jeho pevnost a chemickou odolnost v kyselinách, zásadách nebo ve vodě. Úpravami poměrů, to je změnou obsahu vody a alkalických aktivátorů, například NaOH, CsCO₃, Na₂CO₃, KOH, K₂CO₃, lze dosáhnout stálosti solidifikátu, to je jeho pevnosti a

odolnosti k vyluhování škodlivin. Pro názornost jsou uvedeny příklady použití vynálezu pro stabilizaci různých forem radioaktivního odpadu (jednotlivé složky jsou v hmotnostních procentech). Kal radioaktivního odpadu obsahuje kovy i nekovy, například Sr, Cs, Fe, Co, Cu, Ni a B. Pod pojmem účinnost plnění se rozumí množství inhibované látky (radioaktivního odpadu) k celkovému množství solidifikátu. V ionexech jsou přítomny aniony roztoků kyselin jako BO_3^{3-} , případně NO_3^- , a kationy, především Cs, Fe, Co. AAAS znamená alkalicky aktivované alumino-silikáty.

Příklad 1

Solidifikace kalu radioaktivního odpadu

Složení odpadu	obsah vody	obsah ionexů v kalu	přídavek AAAS	účinnost plnění
Kal	25 %	0 %	50 %	55 %

Příklad 2

Složení odpadu	obsah vody	obsah ionexů v kalu	přídavek AAAS	účinnost plnění
Kal	50 %	0 %	50 %	20 %

Příklad 3

Složení odpadu	obsah vody	obsah ionexů v kalu	přídavek AAAS	účinnost plnění
Kal	50 %	50 %	50 %	20 %

Příklad 4

Složení odpadu	obsah vody	přídavek AAAS	účinnost plnění
Ionexy mleté	50 %	60 %	20 %

Příklad 5

Složení odpadu	obsah vody	přídavek AAAS	účinnost plnění
Ionexy spálené	0 %	80 %	100 až 120 %

na nespálitelný zbytek

V míchacím zařízení (míchací nádobě s míchadlem, při poměru 2 : 1 poloměru dna nádoby a poloměru míchadla) jsou alkalicky aktivované alumino-silikáty (případně s přídavkem vody) míchány po dobu přibližně 20 až 30 minut při otáčkách míchadla 500 ot/min, čímž se nastartuje polymerní reakce. Účinek míchání je podstatně vyšší na lopatkách míchadla, závisí také na tvaru a úhlu nastavení míchadla. Kal, který má 25 % hmotn. vody v příkladu 1, se přidává po náběhu reakce, kal v příkladu 2 je účasten reakce od jejího počátku. Tím se využije voda v kalu jako voda roztělavací. V případě přehřátí směsi intenzivním třením při

Příklad 6 Solidifikace kalu RAO

Složení:

Parametry mýchání:

teplota
25 °C

otáčky
500 ot/min

dobu míchání
45 min

Příklad 7 Solidifikace kalu RAO

Složení:

přídavek AAAS	účinnost plnění
58 %	20 %

Parametry míchaní:

teplota
25 °C

otáčky
800 ot/min

doba míchání
45 min

Příklad 8 Solidifikace kalu RAO

obsah vody v kalu 50 %

Složení:

přídavek AAAS	účinnost plnění
58 %	20 %

Parametry míchaní:

teplota
25 °C

otáčky
800 ot/min

dobu míchání
30 min

Příklad 9 Solidifikace kalu RAO

obsah vody v kaľu 50 %

Složení:

přídavek AAAS	účinnost plnění
58 %	20 %

Parametry míchaní:

teplota
35 °C

otáčky
500 ot/min

dobu míchání
15 min

Příklad 10 Solidifikace kalu RAO

obsah vody v kalu 50 %

Složení:

přídavek AAAS účinnost plnění
58 % 20 %

Parametry míchání:

teplota
25 °C

otáčky
1500 ot/min

dobu míchání
15 min

Příklad 11 Solidifikace kalu RAO

obsah vody v kalu 0 %

Složení:

přídavek AAAS účinnost plnění
51 % 49 %

Parametry míchání:

teplota
25 °C

otáčky
800 ot/min

dobu míchání
45 min

Příklad 12 Solidifikace kalu RAO

obsah vody v kalu 70 %

Složení:

přídavek AAAS účinnost plnění
56 % 13 %

Parametry míchání:

teplota
25 °C

otáčky
800 ot/min

dobu míchání
45 min

Příklad 13 Solidifikace kalu RAO s ionexy

obsah vody 50 %

Složení: obsah ionexů v kalu
50 %

přídavek AAAS účinnost plnění
50 % 25 %

Parametry míchání:

teplota
25 °C

otáčky
800 ot/min

dobu míchání
45 min

Příklad 14 Solidifikace kalu RAO s ionexy

obsah vody v kalu 50 %

Složení: obsah ionexů v kalu
25 %

přídavek AAAS účinnost plnění
50 % 25 %

Parametry míchání:

teplota
25 °C

otáčky
800 ot/min

dobu míchání
45 min

Příklad 15 Solidifikace celých ionexů

obsah vody v ionexu 50 %

Složení:

přídavek AAAS účinnost plnění
80 % 10 %

Parametry míchání:

teplota
25 °C

otáčky
800 ot/min

dobu míchání
45 min

Příklad 16 Solidifikace mletých ionexů

obsah vody v ionexu 50 %

Složení:

přídavek AAAS účinnost plnění
60 % 20 %

Parametry míchání:

teplota
25 °C

otáčky
800 ot/min

dobu míchání
45 min

Příklad 17 Solidifikace popelů ionexů

zbytek popela z původního ionexu 18,5 %

Složení:

přídavek AAAS účinnost plnění
80 % 108 %

Parametry míchání:

teplota
25 °C

otáčky
800 ot/min

dobu míchání
45 min

Průmyslová využitelnost vynálezu

Vynález je určen k solidifikaci a stabilizaci radioaktivních odpadů z jaderných elektráren, zahrnujících radioaktivní kaly ze sekundárního chladicího okruhu jaderné elektrárny s obsahem 50 až 70 % hmotn. vody, radioaktivní kaly s obsahem 50 až 70 % hmotn. vody, kontaminované částicemi vyčerpaných ionexů, vyčerpané ionexy, popel spálených vyčerpaných ionexů a radioaktivní odpady ve formě roztoků neutrální, kyselé nebo zásadité vody s rozpuštěnými radioaktivními anorganickými látkami a solemi kovů a nekovů, zahrnujícími Sr, Cs, Fe, Co, Cu, Ni a B.

- 10 -

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob solidifikace a stabilizace radioaktivních odpadů jejich mísením s dvouvrstvími jílovitými materiály kaolinitického typu, vyznačující se tím, že dvouvrstvé jílovité materiály_x zahřáté na teplotu v rozmezí od 15 do 60 °C_x se mísí ve vodném alkalickém prostředí, čímž se v nich vytváří prostorová alkalicky aktivovaná alumino-silikátová matrice, a pak se mísí s radioaktivními odpady v množství od 45 do 85 % hmotn. směsi tak, že se nastartuje polymerní reakce postupně v celém objemu reakční směsi, následně se směs samovolně vytvrzuje při teplotě a tlaku okolí v závislosti na teplotě okolí po dobu 4 až 12 hodin a vytváří solidifikát s minimální pevností v tlaku 5 MPa, ve kterém je radioaktivní odpad trvale vázaný do alumino-silikátové matrice.
2. Způsob solidifikace a stabilizace radioaktivních odpadů podle nároku 1, vyznačující se tím, že dvouvrstvé jílové minerály kaolinitického typu se ohřívají na teplotu od 15 do 25 °C.
3. Způsob solidifikace a stabilizace radioaktivních odpadů podle nároku 2, vyznačující se tím, že dvouvrstvé jílové minerály kaolinitického typu se ohřívají na teplotu od 20 do 25 °C.
4. Způsob solidifikace a stabilizace radioaktivních odpadů podle některého z nároků 1 až 3, vyznačující se tím, že od okamžiku zhomogenizování směsi se mísení provádí při teplotě směsi do 25°C ještě nejméně dalších 10 minut.
5. Způsob solidifikace a stabilizace radioaktivních odpadů podle některého z nároků 1 až 4, vyznačující se tím, že radioaktivním odpadem je látka_x vybraná ze skupiny_x zahrnující radioaktivní kaly ze sekundárního chladicího okruhu jaderné elektrárny s obsahem 50 až 70 % *Radioak*
~~% hmotn. vody~~, radioaktivní kaly s obsahem 50 až 70 % hmotn. vody, kontaminované částicemi vyčerpaných ionexů, vyčerpané ionexy, popel spálených vyčerpaných ionexů a radioaktivní odpady ve formě roztoků neutrální, kyselé nebo zásadité vody s rozpuštěnými radioaktivními anorganickými látkami a solemi kovů a nekovů, zahrnujícími Sr, Cs, Fe, Co, Cu, Ni a B.
6. Způsob solidifikace a stabilizace radioaktivních odpadů podle nároku 5, vyznačující se tím, že vyčerpané ionexy se před smísením s dvouvrstvími jílovými minerály kaolinitického typu s alkalicky aktivovanou alumino-silikátovou matricí rozemelou, čímž se poruší jejich kulovitý tvar.