



УКРАЇНА

(19) UA (11) 74603 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
G21F 1/00  
G21F 3/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИХ ВИРОБІВ

1

(21) 2003065647

(22) 18.06.2003

(24) 16.01.2006

(46) 16.01.2006, Бюл. № 1, 2006 р.

(72) Алексєєв Юрій Сергійович, Варава Віталій Володимирович, Джур Євген Олексійович, Кабардін Микола Костянтинович, Крикун Юрій Олександрович, Кучма Леонід Данилович, Межуєв Микола Миколайович, Ткаченко Володимир Іванович, Удод Володимир Володимирович, Якушкін Михайло Олександрович

(73) Алексєєв Юрій Сергійович, Варава Віталій Володимирович, Джур Євген Олексійович, Кабардін Микола Костянтинович, Крикун Юрій Олександрович, Кучма Леонід Данилович, Межуєв Микола Миколайович, Ткаченко Володимир Іванович, Удод Володимир Володимирович, Якушкін Михайло Олександрович

(56) RU, патент №2131859, C04B40/00, публ. 20.06.1999.

(57) 1. Спосіб виготовлення радіаційно-захисних виробів шляхом композиційного сполучення наповнювача і матриці, що включає формування виробу і готування розчину для подачі його в пори сформованого виробу, де створюють умови для його насичення, який **відрізняється** тим, що попередньо готують наповнювач як багатокомпонентну дисперсну суміш, що включає ультрадисперсні частки середнім розміром 0,1 мкм, питомою поверхнею від 0,3 м<sup>2</sup>/г до 2000 м<sup>2</sup>/г у кількості до 1,5% від об'ємної маси суміші, визначають масу суміші, сполучення якої з вибраною матрицею приводить до аномального поглинання випромінювання, 4-12% цієї суміші використовують для готування розчину, а з частини суміші, що залишилася, і матриці формують вироби, які після сушіння поміщають у приготівлений розчин і насичують його до моменту одержання виробів, необхідних фізико-механічних властивостей, при цьому під час насичення на розчин впливають технологічними параметрами, наприклад тиском, температурою та іншими.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що для визначення об'ємної маси суміші, сполучення якої з вибраною матрицею приводить до аномального поглинання випромінювання заданою товщиною виробу, що досягає робочого стану при нормаль-

2

них умовах, попередньо формують еталонний матеріал у циліндричній ємності, через який пропускають випромінювання заданої енергії, фіксують значення дифракційного максимуму проходження випромінювання і по ньому визначають масу суміші.

3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що для визначення об'ємної маси суміші, сполучення якої з вибраною матрицею приводить до аномального поглинання випромінювання для виробу, що досягає робочого стану за умов, відмінних від нормальних (при термічній обробці, при обробці тиском), попередньо отриманий еталонний матеріал обробляють фізично, пропускають через нього випромінювання тієї ж енергії і фіксують значення дифракційного максимуму поглинання випромінювання для нього, визначають коефіцієнт взаємної кореляції розподілу випромінювання, а після цього визначають масу суміші для заданого виробу за формулою:

$$m = N \cdot K / n;$$

де: m - маса суміші;

N - значення вмісту маси суміші від маси виробу;  
K - коефіцієнт взаємної кореляції розподілу випромінювання, що дорівнює відношенню масового коефіцієнта ослаблення випромінювання для матеріалу, який досягає робочого стану при нормальних умовах, до масового коефіцієнта ослаблення для матеріалу, обробленого фізично  $\mu_{\text{норм}} / \mu_{\text{оброб}};$

n - значення кратності внесення суміші.

4. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як матрицю використовують кераміку, силікат, природні і синтетичні гуми і синтетичні пластмасові матеріали.

5. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як компоненти для готування суміші використовують базальт, гіпс, силікат, гірські породи.

6. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як ультрадисперсні частки використовують принаймні один метал, вибраний із групи, що включає вольфрам, вісмут, цирконій, залізо, олово, кадмій, літій, барій, а також інтерметалічні з'єднання окислів, карбідів, нітридів, боридів, гідридів і неметалічні матеріали.

(13) C2  
(11) 74603  
(19) UA

7. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як розчин використовують воду, емульсії, латекси, суспензії, золи і гелі.

8. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що випал здійснюють у тунельних печах або кільцевих печах при 950-1000°C.

9. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що вироби формують напівсухим пресуванням при питомому тиску 15-25 МПа.

Винахід відноситься до області захисту від іонізуючих випромінювань, а саме до технологій виготовлення радіаційно-захисних виробів бажаної форми, і може бути використане в різних областях для створення систем радіаційного захисту.

Найбільш ефективний захист від іонізуючих випромінювань здійснюється матеріалами, до складу яких входять елементи з великим атомним номером, тобто важкі елементи.

До основних недоліків існуючих матеріалів варто віднести велику вагу об'єктів захисту, виготовлених з цих матеріалів, і значні витрати на їхнє виготовлення.

Тому основною задачею при створенні компактного захисту є зниження маси і товщини розроблювальних для цього матеріалів. Однак створення ефективного захисту зі зменшеною товщиною матеріалів приводить до зростання маси захисного шару матеріалу внаслідок застосування металовмісних наповнювачів. І навпаки, збереження ступеня ослаблення рентген- і гамма-випромінювань матеріалом шляхом його ущільнення, за рахунок зменшення маси наповнювача спричиняє необхідність збільшення товщини захисту.

У цьому полягає основне протиріччя при створенні матеріалів, що забезпечують ефективний і компактний захист від іонізуючих випромінювань, оскільки одночасного зниження товщини і маси захисного матеріалу практично неможливо досягти з застосуванням відомих металовмісних наповнювачів.

Це протиріччя вирішується шляхом компромісного підходу до вибору товщини і маси захисного матеріалу з урахуванням його вартості.

Товщина шару радіаційно-захисного композиційного матеріалу залежить від необхідних умов забезпечення радіаційного захисту і визначається при проектуванні робіт.

В даний час існує два основних технологічних напрямки додання радіаційно-поглинаючих властивостей матеріалам, засновані на використанні радіаційно-поглинаючих наповнювачів. Перший напрямок здійснюється шляхом введення радіаційно-поглинаючого наповнювача в композицію при його виготовленні, а другий - шляхом нанесення радіаційно-поглинаючого наповнювача на поверхню вихідного матеріалу, що не володіє високим коефіцієнтом поглинання. При цьому у всіх відомих технологіях питомі значення радіаційно-поглинаючих характеристик матеріалу визначаються складом наповнювача, розміром і різноманітністю форм часток, шляхом утворення безперервного дисперсійного середовища в об'ємі виробу, у якому розподілені декілька дисперсних фаз.

Відомий спосіб одержання композиційних матеріалів, [а. с. СРСР №631501, МПК C04B41/46, опубл. 05.11.78], що включає просочення виробів при кімнатній температурі або при нагріванні розчинником вуглецевої речовини, при атмосферному тиску, наступне насичення матрицеутворюючою речовиною, поміщаючи її на загальну границю пористої заготовки і розчинника в замкнутому об'ємі.

Основною і самою трудомісткою операцією в створенні композиційних матеріалів є насичення пористих тіл, що містять велику частку малих і тупикових пір через необхідність видалення газів, що знаходяться в порах. З цією метою проводять, або попереднє вакуумування заготовок, що насичуються, або витиснення повітря прикладанням підвищеного тиску. Навіть при низькій в'язкості і гарній змочувальній здатності зв'язного мимовільне витиснення ним замкнених у порах газів є проблематичним, особливо якщо у якості речовини, що насичується використовуються шликери або суспензії. Цей процес припускає використання складного й енергоємного устаткування.

Найбільш близьким по технічній суті є спосіб виготовлення керамічних будівельних виробів, наприклад цеглин, шляхом композиційного сполучення наповнювача і зв'язного [п. РФ №2131859, МПК<sup>6</sup> C04B40/00, опубл. 20.06.99], що включає формування виробу, готування розчину і подачу його в пори сформованого виробу, де створюють умови для виділення з розчину і насичення до одержання виробу необхідних фізико-механічних властивостей. Потім готують розчин зв'язного і створюють умови для його виділення з розчину і насичення ним виробу.

Недоліком є те, що виріб готують зі зв'язного і наповнювача і насичують виріб розчином зв'язного без створення колоїдних систем, створюють умови для простого зміцнення шляхом пересичення виробу до одержання необхідних фізико-хімічних властивостей. Відомий спосіб не забезпечує необхідний захист від радіаційного випромінювання.

Задачею пропонованого винаходу є створення способу, при якому можна задавати характеристики виробу для захисту від визначеного фону радіації за рахунок сполучення дисперсійного середовища з обраною матрицею, що приводить до аномального поглинання випромінювання шляхом формування дисперсійних середовищ усередині і зовні виробу, і створення умов для проникнення цих середовищ один у другий простим способом, а також скорочення термінів одержання таких виробів з різних компонентів, що забезпечує ослаблення випромінювання у всіх енергетичних рівнях.

Поставлена задача вирішується тим, що спо-

сіб виготовлення радіаційно-захисних виробів шляхом композиційного сполучення наповнювача і матриці, що включає формування виробу і готування розчину для подачі його в пори сформованого виробу, де створюють умови для його насичення, відповідно до винаходу, попередньо готують наповнювач у вигляді багатокомпонентної дисперсної суміші, що включає ультрадисперсні (УДЧ) середнім розміром 0,1мкм, питомою поверхнею від 0,3м<sup>2</sup>/г до 2000м<sup>2</sup>/г і в кількості приблизно до 1,5% від об'ємної маси суміші, визначають масу суміші, сполучення якої з обраною матрицею приводить до аномального поглинання випромінювання, 4-12% цієї суміші використовують для готування розчину, а з частини суміші, що залишилася, і матриці формують вироби, які після сушіння поміщають у приготовлений розчин і насичують його до моменту одержання виробу з необхідними фізико-механічними властивостями, при цьому під час насичення на розчин впливають технологічними параметрами.

Для визначення об'ємної маси суміші, сполучення якої з обраною матрицею приводить до аномального поглинання випромінювання заданою товщиною виробу, що здобуває робочий стан при нормальних умовах попередньо формують еталонний матеріал у циліндричній ємності, через який пропускають випромінювання заданої енергії, фіксують значення дифракційного максимуму проходження випромінювання і по ньому визначають масу суміші.

Для визначення об'ємної маси суміші, сполучення якої з обраною матрицею приводить до аномального поглинання випромінювання для виробу, що набуває робочого стану при умовах, відрізняючись від нормальних (при термічній обробці, при обробці тиском), попередньо отриманий еталонний матеріал обробляють фізично, пропускають через його випромінювання тієї ж енергії і фіксують значення дифракційного максимуму поглинання випромінювання для нього, визначають коефіцієнт взаємної кореляції розподілу випромінювання, а після цього визначають масу суміші для заданого виробу по формулі:

$$m = N \cdot K / n,$$

де: m - маса суміші;

N - значення змісту маси суміші від маси виробу;

K - коефіцієнт взаємної кореляції розподілу випромінювання, що дорівнює відношенню масового коефіцієнта ослаблення випромінювання для матеріалу, який набуває робочого стану при нормальних умовах, до масового коефіцієнта ослаблення для матеріалу, обробленого фізично ( $\mu_{\text{норм}} / \mu_{\text{оброб}}$ );

n - значення кратності внесення суміші.

У якості матриці використовують кераміку, силікат, природні і синтетичні гуми і синтетичні пластмасові матеріали.

У якості компонентів для готування суміші використовують базальт, гіпс, силікат, гірські породи.

У якості ультрадисперсних часток використовують, принаймні, один метал, відібраний із групи, що складається з вольфраму, вісмуту, цирконію, заліза, олова, літію, барію, а також інтерметалічні з'єднання, окислів, карбідів, нітридів, боридів, гід-

ридів і з'єднання неметалічних компонентів.

У якості розчину використовують воду, емульсії, латекси, суспензії, золі і гелі.

Випал здійснюють у тунельних, кільцевих печах при температурі 950°C-1000°C.

Вироби формують напісхшим пресуванням при питомому тиску 15-25МПа.

Тонко-здрібнені тверді тіла складаються з окремих часток, розміри яких коливаються в тих же межах, що і розміри пір у пористих тілах. При адсорбції за допомогою пористих і тонко-здрібнених твердих тіл величезну роль відіграє велике число атомів на їхній поверхні. Це явище відбувається за рахунок формування колоїдальних середовищ і використовується в технології виготовлення радіаційно-захисних виробів. Шляхом сполучення матриці і дисперсного наповнювача, виконаного у вигляді багатокомпонентної суміші.

Визначеному фону радіації відповідає визначена товщина захисту. Визначення маси дисперсного наповнювача для товщини, що аномально поглинає випромінювання, дозволить підготувати визначений склад багатокомпонентної суміші, що за певних умов дозволить створити дисперсійне колоїдальне середовище без застосування "важких металів". Підбір складу наповнювача шляхом сполучення декількох компонентів дозволяє досягти ефекту захисту від заданого фону радіації зменшеною товщиною без використання металевих елементів або з їх використанням у загальному складі суміші але не перевищуючому 1,5%. Концентрація УДЧ середнім розміром 0,1мкм, питомою поверхнею від 0,3м<sup>2</sup>/г до 2000м<sup>2</sup>/г підбирається експериментально і залежить від товщини матеріалу й умов найкращого збереження радіаційно-поглинаючих характеристик. При концентрації УДЧ у розчині вище 1,5% знижується адгезія часток на поверхні виробу. Сполучення матриці з наповнювачем, що включає визначений розмір часток і складений з декількох компонентів, дозволяє одержати дисперсну систему і використовувати поверхневі явища, що виникають на межі розподілу фаз, що забезпечує аномальне поглинання випромінювання.

Тим, що для внесення наповнювача в матрицю використовують два основних технологічних напрямки додання радіаційно-поглинаючих властивостей матеріалам, досягається можливість керування утворенням, властивостями і руйнуванням дисперсних систем і граничних шарів шляхом регулювання міжмолекулярних взаємодій на границях розподілу дисперсних фаз. Перший напрямок здійснюється шляхом введення частини радіаційно-поглинаючого дисперсійного середовища в матрицю і виготовлення виробу, а другий - шляхом насичення поверхні виробу розчином, що містить іншу частину радіаційно-поглинаючого дисперсійного середовища. При цьому у всіх відомих технологіях питомі значення радіаційно-поглинаючих характеристик матеріалу визначаються складом наповнювача. Поділ на дві частини наповнювача дозволить сполучити два напрямки процесу для виготовлення одного виробу. Перша частина наповнювача дозволяє створити дисперсійне середовище усередині виробу, а друга частина бере

участь в утворенні адсорбційного середовища на його поверхні. Основну частину суміші змішують з матрицею, у результаті чого після формування одержують вироби, у яких у безпосередній близькості від поверхні створюється "адсорбційне поле", що надає універсальний ефект притягання. Шляхом введення УДЧ середнім розміром 0,1мкм, питомою поверхнею від 0,3м<sup>2</sup>/г до 2000м<sup>2</sup>/г і утворення дисперсійного середовища усередині виробу створюються умови для утворення пір, розміри яких будуть відповідати розмірам часток, що знаходяться в розчині, підготовленому для подачі його в пори сформованого виробу. Молекула міцніше усього тоді, коли вона адсорбується в пору, що має той же діаметр, що і сама молекула.

Площа поверхні отриманих пір і часточок коливається в однакових межах, що дозволяє керувати властивостями в залежності від розмірів і області експлуатації виробу.

4-12% суміші, що використовують для готування розчину, містять не більш 1,5% УДЧ, що знаходяться в суміші, що дозволить одержати виріб шляхом осадження цієї кількості УДЧ у порах виробу з утворенням поверхневого шару по всьому об'єму виробу й одержати виріб із заданими властивостями. Поглинання часточок у розчині засновано на неоднакових швидкостях дифузії цих часточок через проникну поверхню виробу. Швидкість переносу речовини знижується внаслідок дифузії, що відбувається в зворотному напрямку.

Розчин омиває зовнішню поверхню виробу і шляхом впливу на нього технологічними параметрами відбувається насичення пір до моменту одержання виробу з необхідними фізико-механічними властивостями, що відповідають заданим об'ємним і фізико-хімічним параметрам.

УДЧ є «якорем» міцно утримуючим колоїдальне середовище у вигляді ансамблів складної мозаїки з різноманітних часток, їхній неоднорідний розподіл по поверхні виробу. У результаті пори утворюють ділянки, що мають конформацію спіральних ділянок, на зовнішній стороні яких розташовані бічні вуглеводневі фрагменти, і спіраль здобуває гідрофобний характер. Специфічна взаємодія між окремими УДЧ приводить до утворення їхніх ансамблів, що оточені дисперсними фазами визначеного типу за рахунок скупчування дисперсних часток там, де УДЧ залишаються в рідкокристалічному стані. Тому динамічні властивості утворення пір обумовлені плинністю. Частки УДЧ мають досить високу рухливість і можуть робити різноманітні рухи: поступальні, обертальні, коливальні. Рухливість УДЧ надає внутрішньо-молекулярні рухи вуглеводневим ланцюгам, дозволяє селективно витягати УДЧ із вихідного водного розчину й одержувати більш високу конструкцію і вносити у виріб спочатку більш високу концентрацію суміші, тобто керувати утворенням структур. На підставі цього утворюються складені композитні вироби, що складаються з пористої композиції, на яку наноситься розчин з дисперсійним середовищем. Частки дисперсійного середовища утворюють на поверхні виробу шар, що знаходиться в динамічній рівновазі з частками, що дисперговані у виробі і які забезпечують селективність поділу. Причина цього явища полягає в тім, що в безпосередній близько-

сті від поверхні твердого тіла утворюється «адсорбційне поле», що надає універсальний ефект притягання. Настає такий момент, коли мікропори заповнюються рідиною, що адсорбується, а інша частина твердої поверхні покривається такою кількістю молекул, що утворюють суцільний мономолекулярний шар по всій поверхні. Якщо тиск розчину, що адсорбується, продовжує зростати, настає стадія, коли одні пори заповнені цілком, інші - частково, а треті - ще більші, тільки вистелені шаром такої ж товщини, що і зовнішня поверхня. При подальшому збільшенні тиску заповнюються всі пори, навіть самі широкі. Кожному значенню тиску розчину, що адсорбується, відповідає єдине значення величини пір рідини.

На поверхні виробу утворюється шар, що забезпечує розсіювання гама- і нейтронного випромінювань, а внутрішній шар поглинання дозволить розширити область використання способу в широкому діапазоні випромінювань.

Для визначення впливу утвореного поверхневого шару на поглинаючі і розсіючі властивості отриманого виробу проводилися іспити опроміненням поверхні. Отримані результати підтвердили, що поверхня сприяє поглинанню випромінювання і знижує вихід розсіяного випромінювання.

Поява можливості формування взаємопроникнення внутрішнього і зовнішньої дисперсійного середовищ з утворенням однієї структури дозволяє одержувати вироби для захисту від визначеного фону радіації, при цьому задавати показники фізико-механічних властивостей у межах одного виробу, а потім дозволяє створити захисні системи з програмувальними межами напруг при статичних і динамічних навантаженнях і збільшення міцності і, відповідно, довговічності.

Пропонований спосіб реалізується наступним способом.

Для створення виробу, що набуває робочого стану у нормальних умовах, необхідно в першу чергу підібрати матрицю і склад дисперсного наповнювача відповідно до заданих параметрів матеріалу (наприклад, для цегли або виробу з гуми) і умов його експлуатації.

Для визначення маси суміші, сполучення якої з обраною матрицею приводить до аномального поглинання випромінювання заданою товщиною виробу, наприклад з гуми, попередньо формують еталонний матеріал у циліндричній ємності, через який пропускають випромінювання заданої енергії, фіксують значення дифракційного максимуму проходження випромінювання, що відповідає товщині матеріалу, аномально поглинаючого випромінювання і потім визначають масу дисперсної суміші для цієї товщини матеріалу за формулами:

$$M = K \cdot m,$$

$$N_{\text{полг}} = K \cdot N_{\text{прох}}$$

$$\text{де: } K = \ln(f_{\text{прох}}/f_{\text{полг}}) - 1;$$

M - маса суміші в матеріалі з заданими параметрами (г);

K - коефіцієнт співвідношення маси дисперсної суміші в матеріалі до маси суміші в еталонному матеріалі;

m - маса суміші в еталонному матеріалі (г);

f<sub>прох</sub> - коефіцієнт значення дифракційного максимуму проходження випромінювання в еталон-

ному матеріалі;

$f_{\text{полг}}$  - коефіцієнт максимального поглинання для заданої товщини матеріалу;

$H_{\text{полг}}$  - товщина матеріалу при заданому  $f_{\text{полг}}$  (см)

$H_{\text{прох}}$  - висота шаруючого еталонного матеріалу при значенні дифракційного максимуму проходження випромінювання (см).

Масу наповнювача визначають за апробованою методикою [Артем'єв В.А., Крикун Ю.О., Рябовол О.О., Ткаченко В.І., Юпенков В.О., «Закономірність взаємодії рентгенівського випромінювання із середовищами, що містять ультрадисперсні частки». Російська академія природних наук. Наукові відкриття. Збірник коротких описів наукових відкриттів - 1998р., Москва]. Для цього використовують кювету, виготовлену у формі циліндра з алюмінієвого сплаву Д-16 (внутрішній діаметр 3,2см). Циліндр встановлюється в концентрованому пучку гамма-квантів.

Для визначення об'ємної маси суміші для виготовлення виробу, що набуває робочого стану при умовах відмінних від нормальних (при термічній обробці, при обробці тиском), наприклад, цегли, попередньо формують еталонний матеріал у циліндричній ємності, через яку пропускають випромінювання заданої енергії, фіксують значення дифракційного максимуму проходження випромінювання. Потім отриманий еталонний матеріал обробляють фізично, пропускають через нього випромінювання тієї ж енергії і фіксують значення дифракційного максимуму поглинання випромінювання для нього, визначають коефіцієнт взаємної кореляції розподілу випромінювання, а потім визначають масу суміші для заданого виробу по формулі:

$$m = N \cdot K / n,$$

де:  $m$  - маса суміші;

$N$  - значення співвідношення змісту маси суміші від маси виробу;

$K$  - коефіцієнт взаємної кореляції розподілу випромінювання, який дорівнює відношенню масового коефіцієнта ослаблення випромінювання для матеріалу, що набуває робочого стану при нормальних умовах, до масового коефіцієнта ослаблення для матеріалу, обробленого фізично ( $\mu_{\text{норм}}/\mu_{\text{оброб}}$ );

$n$  - значення кратності внесення суміші.

Спочатку наповнювач вноситься в зразок по масі з максимальним заданим значенням поглинання. Після цього при кожному внесенні зменшується кількість наповнювача. Кратність внесення наповнювача реєструється. Після кожного внесення суміші наповнювача і перемішування її одержують еталонний матеріал. Після кожного внесення наповнювача еталонний матеріал просвічується і відповідні значення коефіцієнта масового поглинання випромінювання реєструється.

Пропонований спосіб дозволяє знизити трудомісткість визначення маси суміші, тому що визначеній товщині матеріалу відповідає визначене пікове значення, що забезпечує максимальне поглинання випромінювання, ці значення знаходяться тільки в заявленому діапазоні співвідношень. Таким чином, визначається оптимальна маса диспе-

рсної суміші, що забезпечує аномальне поглинання випромінювання для виробу, що набуває робочого, стану у нормальних умовах.

Одержання коефіцієнта взаємної кореляції розподілу випромінювання дозволяє підвищити вірогідність визначення маси наповнювача в матеріалі з коректуванням її з урахуванням усіх впливів (наприклад, тепла, тиску і т.д.) фізично обробленого матеріалу і на підставі отриманого значення точно визначити процентний зміст і співвідношення компонентів у складі матеріалу заданої товщини, що забезпечує поглинання випромінювання з аномальним ефектом.

#### Приклад 1

Технологія виготовлення виробів, наприклад керамічної цегли, повинна задовольняти обов'язковим вимогам стандарту і виготовлятися за технологічними регламентами, затвердженими у встановленому порядку, з диференційованими вимогами до процесу виробництва на кожен вид виробу, що має форму розміри і зовнішній вигляд. ДСТ обмовляються розташуванням порожнеч у виробках.

Для одержання радіаційно-захисної цегли попередньо готують наповнювач у вигляді порошку, що включає УДЧ середнім розміром 0,1мкм, питомою поверхнею в межах від 0,3м<sup>2</sup>/г до 2000м<sup>2</sup>/г і в кількості до 1,5%.

Для прикладу використовується порошок вольфраму. Спочатку визначають об'ємну масу, що забезпечує аномальне поглинання випромінювання. У циліндр кювети уводять вольфрамовий порошок масою  $m = 346\text{г}$  і послідовно додають рідину. Питома насипна вага вольфрамової маси - 5,4г/м<sup>3</sup>, а рідини - 1,1г/см<sup>3</sup>

Шар еталонного матеріалу (фантом) просвічують джерелом випромінювання  $\text{Cs}^{137}$  з енергією 661КеВ. Послідовно додається рідина і визначається  $f_{\text{прох}}$  гама-випромінювання до досягнення висоти шару, при якому значення  $f_{\text{прох}}$  буде максимальним. Експериментально одержуємо, що внесений вольфрамовий масі, рівної 346г, відповідає  $f_{\text{полг}} = 1,75$ . Максимальне значення пропущення гамма-квантів досягнуто при висоті шару  $H_{\text{прох}} = 9,0\text{см}$ . Відповідно до цього  $f_{\text{полг}}$  гамма-квантів складе 8,1. Підставляємо отримані значення у вище приведені співвідношення.

$$K = \ln(8,1/1,75) - 1 = 0,52.$$

$$M = K \cdot m = 0,52 \cdot 346 = 180\text{м}.$$

Тепер визначається величина  $H_{\text{полг}}$  зі співвідношення:

$$K = H_{\text{полг}}/H_{\text{прох}}$$

$$H_{\text{полг}} = K \cdot H_{\text{прох}} = 0,52 \cdot 9,0 = 5\text{см}.$$

На базі отриманих результатів по заданій товщині цегли визначається процентний зміст маси вольфрамового порошку для одержання конкретної товщини, що забезпечує аномальне поглинання. Технологія виготовлення цегли включає випал заготовки при підвищеній температурі. Тому для обліку технологічних параметрів фіксують значення збігу піка, отриманого при нормальних умовах, і піка для значення, отриманого після фізичного впливу, і визначають коефіцієнт взаємної кореляції розподілу випромінювання. Він дорівнює відношенню масового коефіцієнта ослаблення випромінювання для цегли, що набуває робочого

стану при нормальних умовах до масового коефіцієнта ослаблення для цегли, обробленого фізично ( $\mu_{\text{норм.}}/\mu_{\text{оброб.}}$ ). При цьому по висоті шару еталонного матеріалу, визначають товщину цегли, при якій відбувається аномальне проходження випромінювання. За цим значенням визначається кількість вольфрамового порошку, необхідного для виділення з його загальної маси не більш 1% ультрадисперсних часток середнім розміром 0,1мкм, питомою поверхнею від 0,3м<sup>2</sup>/г до 2000м<sup>2</sup>/г. Це значення складає приблизно 4% від загальної об'ємної маси вольфрамового порошку. Цю частину відокремлюють і перемішують з водою для одержання розчину.

Для одержання цегли, наприклад керамічної з радіаційно-захисними властивостями, готують зв'язне. Основною сировиною для виробництва керамічної цегли є глина. Глина надходить на валяці грубого помелу, де вона проминається. Потім глина надходить у сушильний барабан, де видаляється зайва волога. Далі глина надходить у стрижневий змішувач. У цей же змішувач через дозатор подається і частина порошку, що залишилася, після одержання розчину.

Після перемішування отриману суміш подають у двохвальний змішувач з паро-зволожувачем, де суміш зволожується до 15% за допомогою пару, і підігрівається до 25°C.

Підготовлена суміш подається в бункер-нагромаджувач, а відтіля за допомогою дозатора надходить на колінопідіймовий прес СТ-213, де методом напівсухого формування виготовляється заготовка цегли.

Після формування заготовка укладається на сушильні рамки вагонеток, що завантажуються в тунельні сушила, де сушаться при температурі 90°C протягом 72 годин. Після сушіння вироби подаються в тунельну піч на випал. Випал проводиться згідно кривій випалу при максимальній температурі - 1050°C. Час випалу 54 години. Отримана заготовка повинна відповідати вимогам для цегли керамічної по ДСТУБ.В.2.7-61-97. Після випалу й остигання вироби направляються у відділення просочення і перекладаються на пластинчастий конвеєр, за допомогою якого вироби занурюються в просочувальну камеру, наповнену попередньо приготовленим розчином. І потім за допомогою примусової циркуляції відбувається насичення отриманої заготовки УДЧ. У ємності встановлюють колектор для подачі в неї стиснутого повітря для того, щоб суміш знаходилася в зваженому стані, тобто в стані «кипіння», і при зануренні заготівлі в цей розчин створюються умови, при яких відбувається, як би відтягування її поверхневим шаром УДЧ з розчину, при цьому розчин охоплює весь об'єм заготовки й УДЧ проникають у його пори і заповнюють їх. Заготовку витримують у розчині до повного насичення, у результаті чого одержують виріб із заданими фізико-механічними і радіаційно-захисними властивостями. Після цього кожну заготовку висушують у сушарці обпалюють у тунельній печі при температурі до 1000°C і одержують готову цеглу.

#### Приклад 2.

Для одержання радіаційно-захисного виробу на основі гуми попередньо готують, як і в попере-

дньому прикладі, наповнювач у вигляді порошку вольфраму, що включає УДЧ середнім розміром 0,1мкм, питомою поверхнею в межах від 0,3м<sup>2</sup>/г до 2000м<sup>2</sup>/г і в кількості до 1,5%. Спочатку визначають об'ємну масу порошку, у якому міститься кількість УДЧ, що забезпечує аномальне поглинання випромінювання. У циліндр кювети уводять вольфрамовий порошок масою  $m = 3,9\text{г}$  і послідовно додають рідину. Питома насипна вага вольфрамової маси - 5,4г/м<sup>3</sup>, а рідини - 1,1г/см<sup>3</sup>.

Шар еталонного матеріалу (фантом) просвічують джерелом випромінювання  $\text{Am}^{247}$  з енергією 60KeВ. Послідовно додається рідина і визначається  $f_{\text{прох}}$  гама-випромінювання до досягнення висоти шару, при якому значення  $f_{\text{прох}}$  буде максимальним. Експериментально одержуємо, що внесений вольфрамовий масі, рівній 3,9г відповідає  $f_{\text{погл}} = 2,46$ . Максимальне значення пропускання гамма-квантів досягнуто при висоті шару  $H_{\text{прох}} = 1,875\text{см}$ . Відповідно до цього  $f_{\text{прох}}$  гама-квантів складе 9,34. Підставляємо отримані значення у вище приведені співвідношення.

$$K = \ln(9,34/2,46) - 1 = 0,333;$$

$$M = K \cdot m = 0,333 \cdot 3,9 = 1,287\text{м}.$$

Тепер визначається величина  $H_{\text{погл}}$  зі співвідношення:

$$K = H_{\text{погл}}/H_{\text{прох}}$$

$$H_{\text{погл}} = K \cdot H_{\text{прох}} = 0,33 \cdot 1,875 = 0,62\text{см}.$$

На базі отриманих результатів по заданій товщині цегли визначається процентний вміст маси вольфрамового порошку для одержання конкретної товщини, що забезпечує аномальне поглинання. Вироби з гуми одержують шляхом їхнього формування під впливом тиску відповідно заданій технології. Тому для обліку технологічних параметрів фіксують значення збігу піка, отриманого при нормальних умовах, і піка для значення, отриманого після фізичного впливу, і визначають коефіцієнт взаємної кореляції розподілу випромінювання. Він дорівнює відношенню масового коефіцієнта ослаблення випромінювання для виробу з гуми, що набуває робочого стану при нормальних умовах, до масового коефіцієнта ослаблення для виробу з гуми після обробки тиском ( $\mu_{\text{норм.}}/\mu_{\text{оброб.}}$ ). При цьому по висоті шару еталонного матеріалу визначають товщину виробу, при якій відбувається аномальне проходження випромінювання. За цим значенням визначається кількість вольфрамового порошку, необхідного для виділення з його маси не більше 1% УДЧ середнім розміром 0,1мкм, питомою поверхнею від 0,3м<sup>2</sup>/г до 2000м<sup>2</sup>/г. Це значення складає приблизно 4% від загальної об'ємної маси вольфрамового порошку. Цю частину відокремлюють для одержання розчину.

Матеріал гуми одержують шляхом введення в змішувач каучуку з агентом, що вулканізує, потім додається частина вольфрамового порошку, що залишилася, і отриману суміш перемішують до гомогенного стану. З отриманої суміші формують заготовки виробів товщиною  $b = 0,62\text{см}$ . Після цього вироби поміщають у ємність з розчином. Заготовку витримують у розчині до повного насичення, у результаті чого одержують виріб із заданими фізико-механічними і радіаційно-захисними властивостями. Після цього кожну заготовку висушують.

Пропонований спосіб дозволяє одержувати радіаційно-захисні вироби заданої товщини за відомою методикою шляхом попереднього визначення кількості дисперсного наповнювача, що забезпечує аномальне поглинання випромінювання на одному еталонному матеріалі, складеному з тих же компонентів. Для іншого складу й інших умов його експлуатації складають еталонний матеріал з урахуванням технологічних параметрів і по тій же методиці визначають кількість дисперсного наповнювача, що забезпечує аномальне поглинання випромінювання для даного складу. Спосіб дозволяє моделювати склад компонентів на ЕОМ.

Відомий спосіб дозволяє одержувати радіаційно-захисні вироби з композиційних матеріалів, посилені дисперсними наповнювачами з урахуванням явища аномального поглинання випромінювання.

нювання.

Сполучення двох технологічних напрямків для виготовлення радіаційно-поглинаючих виробів, першого, заснованого на введенні радіаційно-поглинаючого наповнювача в композицію і другого - насичення поверхні отриманого виробу радіаційно-поглинаючого наповнювачем в процесі його виготовлення дозволить забезпечувати захист меншою кількістю наповнювача і відповідно меншою товщиною виробу.

Орієнтовно оцінити зменшення товщини композиційного виробу можна з порівнянь даних таблиць:

У таблиці 1 приведені дані, отримані для різної товщини керамічної цегли без порошку вольфраму.

Таблиця 1

Товщина захисту, см	5	10	20	30	40	50
$K_0$ ослаблення	1,14	1,57	2,36	6,46	8,0	26,6

У таблиці 2 приведені зміни коефіцієнта ослаблення отримані для різної товщини керамічної цегли  $K_1$  - на стадії одержання заготовки, що містить порошок вольфраму, і  $K_{\text{погл}}$  - на стадії одержання готової цегли.

Таблиця 2

Товщина захисту, см	5	10	20	30	40	50
$K_1$ ослаблення	1,52	2,28	3,73	26,1	36,2	-
$K_{\text{погл}}$ ослаблення	1,75	2,82	4,45	31,6	41	-

У таблиці 3 приведені зміни лінійного коефіцієнта ослаблення, отримані для виробу з гуми товщиною  $b = 0,62\text{см}$  і щільністю  $\rho = 0,65\text{г/см}^3$ .

Таблиця 3

	$\text{Am}^{247}$	$\text{Cs}^{137}$	$\text{Co}^{60}$
$\mu_1$	0,11	0,018	0,013
$\mu_{\text{погл}}$	0,16	0,037	0,02

Пропонований винахід дозволяє задавати характеристики виробу для захисту від необхідного рівня радіації і шляхом ефективного сполучення дисперсного наповнювача з обраною матрицею зменшувати товщину виробу зі збереженням необхідних фізико-механічних властивостей.

Спосіб дозволяє зменшити товщину виробів і масу систем для захисту, при цьому коефіцієнт лінійного ослаблення збільшується в 3 рази (у залежності від енергії випромінювання). На практиці

коефіцієнти можуть регулюватися кількістю УДЧ, необхідною для рішення кожної конкретної інженерної задачі.

Крім того, спосіб виготовлення радіаційно-захисного матеріалу відрізняється простотою і низькою вартістю, не вимагає значних витрат часу й енергії, дозволить розширити номенклатуру радіаційно-захисних композиційних виробів заданої форми і розмірів з використанням широкого спектра компонентів.