



Brevetto d'invenzione rilasciato per la Svizzera ed il Liechtenstein
Trattato sui brevetti, del 22 dicembre 1978, fra la Svizzera ed il Liechtenstein

⑫ **FASCICOLO DEL BREVETTO** A5

<p>⑲ Numero della domanda: 3605/84</p> <p>⑳ Data di deposito: 25.07.1984</p> <p>㉓ Priorità: 26.07.1983 IT 22245/83</p> <p>㉔ Brevetto rilasciato il: 29.05.1987</p> <p>④⑤ Fascicolo del brevetto pubblicato il: 29.05.1987</p>	<p>⑦③ Titolare/Titolari: Ecodeco S.p.A., Giussago/Pavia (IT)</p> <p>⑦② Inventore/Inventori: Natta, Giuseppe, S. Angelo Lodigiano/Milano (IT)</p> <p>⑦④ Mandatario: Micheli & Cie, ingénieurs-conseils, Genève</p>
---	---

⑤④ **Procedimento per la inertizzazione di fanghi industriali sostanzialmente inorganici.**

⑤⑦ Viene descritto un processo per la inertizzazione di materiali di scarto industriali, specialmente metallurgici contenenti rame e azoto ammoniacale, mediante la solidificazione dei loro fanghi e/o soluzioni e/o sospensioni acquose che vengono miscelate con almeno un materiale solido in polvere sostanzialmente disidratante (silice, sabbie e terre di fonderia ecc.), con almeno un materiale solido in polvere idraulicamente legante (cemento, ceneri volanti ecc.), e/o con almeno un materiale solido in polvere inertizzante (argille, allumina, ecc.) e con quantità di formaldeide in quantità non superiore al 10% del materiale aggiunto totale, ed indigranulati o pellettizzati fino ad ottenere un materiale solido avente un valore del pH compreso tra 7 e 13, e una umidità non superiore al 35% in peso circa.

almeno parziale di materiali solidi di scarto auto-bonificanti.

Il materiale ottenuto risulta accettabile al fine del suo smaltimento in discariche controllate, in conformità alle legislazioni e regolamentazioni esistenti al riguardo. Il processo assicura in particolare la stabile inertizzazione dello ione di rame in presenza di azoto ammoniacale. Vengono inoltre ottenuti vantaggi economici mediante l'impiego

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la inertizzazione di fanghi industriali sostanzialmente inorganici, specialmente provenienti da lavorazioni metallurgiche industriali, in sospensione acquosa, mediante solidificazione con l'aggiunta di materiale solido, caratterizzato dal fatto che detti fanghi industriali in sospensione acquosa vengono miscelati con almeno un materiale solido in polvere sostanzialmente disidratante, con almeno un materiale solido in polvere idraulicamente legante e con almeno un materiale solido in polvere inertizzante e con formaldeide in quantità non superiore al 10% in peso del materiale aggiunto totale ed indi granulato o pellettizzato fino ad ottenere un materiale solido avente un valore del pH compreso tra 7 e 13, e dell'umidità non superiore al 35%.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto materiale solido in polvere sostanzialmente disidratante è scelto tra silice, sabbie, terre e sabbie di fonderia, polveri di abbattimento di fumi di acciaieria e di fonderia, silicati.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto materiale idraulicamente legante è scelto tra i cementi Portland, le ceneri volanti, le scorie metallurgiche, e la calce.

4. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto materiale inertizzante è scelto tra allumina, argilla, bentoniti, zeoliti naturali e sintetiche, montmorilloniti.

5. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che l'umidità del fango dopo inertizzazione viene regolata mediante l'espressione:

$$Y = \frac{X}{U_c} - 1$$

nella quale Y rappresenta la quantità complessiva di materiale solido secco necessaria, riferita a 1 kg di fango dopo inertizzazione, X rappresenta l'umidità % del fango prima dell'inertizzazione e U_c l'umidità % del fango dopo inertizzazione.

6. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che si opera con quantità di materiale solido disidratante fino all'80% di peso, rispetto al peso totale del materiale solido aggiunto al fango, preferibilmente con quantità comprese tra il 10% ed il 60% in peso.

7. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che si opera con quantità di materiale idraulicamente comprese tra il 10% ed il 45% in peso e con quantità di materiale inertizzante comprese tra il 10% ed il 45% in peso, rispetto al peso totale del materiale solido aggiunto.

8. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che viene condotto in presenza di quantità di un agente acceleratore di presa, preferibilmente scelto tra il silicato di sodio ed il gesso, comprese tra l'1% ed il 30% in peso rispetto al peso totale del materiale solido aggiunto.

La presente invenzione riguarda un procedimento per la inertizzazione di fanghi industriali sostanzialmente inorganici, specialmente provenienti da lavorazioni metallurgiche industriali.

La presente invenzione trova applicazione vantaggiosa in particolare nella inertizzazione di fanghi industriali metallurgici, sottoprodotti di rifiuto di lavorazioni industriali, ad alto contenuto di ioni metallici, specialmente di rame, associato ad azoto ammoniacale, potenzialmente pericolosi all'uomo e/o all'ambiente.

Risulta in tale modo possibile lo smaltimento in discariche

controllate del prodotto solido inerte ottenuto, in conformità alla legislazione e alle regolamentazioni esistenti.

Il presente trovato si inquadra nella generale tecnologia, recentemente sviluppatasi in grande ampiezza, con rapporto ai problemi di sicurezza ambientale coinvolti dalle necessità di smaltimento delle acque e/o fanghi reflui industriali e/o urbani ad elevato contenuto presente o potenziale di sostanze pericolose all'uomo e/o all'ambiente.

La trasformazione dei suddetti fanghi industriali in materiali solidi, chimicamente inerti, stabili, oggetto della presente invenzione, costituisce una valida alternativa ai metodi di smaltimento impiegati fino al presente, o a un recente passato, come l'immagazzinamento in contenitori sigillati o l'immissione in miniere profonde abbandonate ecc. Metodi di per sé, oltre tutto, non sempre adottabili, per motivi di volumi e costi (trasporto ecc.), e comunque ecologicamente obiettati dalle vigenti strette regolamentazioni.

Sono stati pertanto descritti numerosi metodi di processi intesi alla inertizzazione dei suddetti fanghi.

Sono noti metodi distruttivi (filtrazione e/o combustione) dei fanghi, i quali metodi, a parte il fatto di adottare tecnologie non pertinenti quella del presente trovato, non risolvono sempre il problema in modo accettabile per la difficoltà di smaltimento delle ceneri e/o delle acque residue e per i costi energetici elevati ecc.

Per quanto riguarda i processi di inertizzazione mediante la solidificazione dei fanghi industriali, ai quali processi appartiene quello oggetto della presente invenzione, si possono citare, a titolo di esemplificazione tipica, quelli presi in esame nella pubblicazione «R.B. Pojasek - Toxic and Hazardous Waste Disposal - Ann Arbor Science Publisher Inc. 1979», nella quale viene fatta trattazione sia dei tipi di materiali (fanghi) di rifiuto sia dei vari metodi esistenti e delle sostanze (metalli) pericolosi.

I fanghi inorganici industriali, infatti, pongono problemi di rischio a causa delle spesso elevate concentrazioni di metalli presenti e/o tossici (per esempio, cadmio, cromo, mercurio, piombo, nichel, zinco, antimonio, arsenico, rame, ecc.). Benchè questi materiali siano presenti in molti fanghi inorganici industriali sotto forma insolubile (solfuri, idrossidi), variazioni del pH e/o condizioni di ossidazione, complessizzazioni ecc., successive alla loro introduzione nell'ambiente ecc., possono renderli mobili e dilavabili nelle acque del sistema circolatorio naturale, meteorico e/o di falda.

Il risultato di un processo di inertizzazione per solidificazione deve essere pertanto sia l'ottenimento di solidi di forma e dimensioni convenienti per il loro trasporto nella discarica controllata, sia una stabilizzazione chimica delle sostanze o metalli nocivi contenuti nel fango, mediante la loro immobilizzazione in composti chimici insolubili, stabili o l'incapsulamento in una sostanza a struttura polimerica o in un reticolo cristallino. Per esempio molti cationi metallici si trasformano in idrossidi insolubili se il pH viene mantenuto tra 9 e 11.

Un processo di questo tipo presenta la sua massima efficacia se il prodotto finale non esclude il sito della discarica da usi alternativi, per esempio agricoli, in caso il prodotto solidificato finale abbia caratteristiche assimilabili a quelle del suolo, ovvero, non escluda, sotto forma di monoliti di forma adatta, il suo impiego nelle fondamenta di edifici, strade ecc.

Dal punto di vista economico, il processo non deve richiedere trattamenti ad alta temperatura (economia energetica) nè l'impiego di reagenti e/o additivi costosi, per lo meno in quantità sensibili.

Tra questi processi di solidificazione, aventi spesso applicazione specifica per singoli tipi di fanghi inorganici industriali, in rapporto ai vari chimismi che possono intervenire nella stabilizzazione o fissazione delle sostanze o metalli pericolosi, quelli basati sull'utilizzo del cemento (Portland) sono tra i più noti e diffusi. Vengono impiegati cementi (Portland) con aggiunte di

gesso come regolatore di presa e, alternativamente al cemento, scorie di altoforno, oltre a vari additivi.

L'efficacia di queste tecniche è essenzialmente basata sulla riduzione del rapporto superficie/volume della massa (idratazione e «presa») e sulla conseguente minore permeabilità al dilavamento della massa solida finale ottenuta, mentre alcuni metalli nocivi vengono trasformati in composti insolubili stabili (idrossidi, carbonati), favoriti dall'elevato pH, ovvero vengono assunti nella matrice del cemento ed intrappolati in essa per adsorbimento nella fase di idratazione iniziale ecc.

Analoghi meccanismi sono alla base dei processi impieganti scorie di fonderia, invece o assieme al cemento: vengono a formarsi sali di calcio (zincati, arseniati, fosfati, piombati, sali complessi insolubili di anioni bromuro, ioduro, nitrati, nitriti, permanganati, ecc.), associati a fenomeni di adsorbimento ed infine il tutto solidifica incapsulando i residui e impedendo la loro successiva lisciviazione, analogamente al caso del cemento.

Sono stati anche proposti processi basati su meccanismi similari di solidificazione, impieganti leganti a base di calce, «fly ashes», (ceneri volanti).

Nondimeno questi processi risultano spesso onerosi in modo eccessivo per le quantità di cemento costoso necessarie, per evitare, a basse concentrazioni di cemento, la vulnerabilità del prodotto alle soluzioni liscivianti acide, e per la necessità di impiego di costosi additivi, oltre all'eccessivo appesantimento dei solidi.

In particolare, la tecnica nota precedentemente discussa non si è dimostrata sperimentalmente adatta alla inertizzazione di fanghi industriali metallurgici contenenti ioni metallici tra i quali figurano il rame associato a quantità proporzionalmente concrete di azoto ammoniacale.

Nel trattamento di tali fanghi, infatti, vengono a formarsi dei complessi del rame ammoniacali solubili e dilavabili che sfuggono alla inertizzazione e vengono eluiti dalle acque meteoriche e/o di falda dai depositi controllati e fatti passare nell'ambiente.

Non risultano alla Richiedente proposti processi specificamente diretti alla inertizzazione di fanghi industriali metallurgici ad elevato contenuto di ioni metallici, tra i quali siano presenti quantità di ioni di rame associati ad azoto ammoniacale.

Risulta pertanto esistere nella tecnologia allo stato attuale del suo avanzamento una seria carenza per quanto riguarda le reali possibilità di risolvere un problema di notevole coinvolgimento ambientale, ove si tengano presenti le notevoli quantità di acque e/o fanghi contenenti rame e azoto ammoniacale interessati al problema (rifiuti fangosi di galvanoplastica, di raffinazione e fusione metallica, dell'industria elettronica ecc.).

Al riguardo, per una corretta valutazione del problema, alla cui soluzione concorre il presente trovato, è opportuno rilevare che nella tecnica nota disponibile quantità dell'ordine di 1 g/l di ammoniaca in presenza di rame e/o di 1 g/l di complessi cupro-ammoniacali costituiscono esplicite controindicazioni per il raggiungimento di risultati accettabili.

Scopo pertanto della presente invenzione è quello di fornire un procedimento per la inertizzazione di fanghi industriali, sostanzialmente inorganici, specialmente provenienti da lavorazioni metallurgiche industriali, in sospensione acquosa.

Un ulteriore scopo è quello di provvedere un procedimento perfezionato per la inertizzazione dei suddetti fanghi industriali, semplice ed economico, implicante un ridotto dispendio energetico e di additivi. Viene assicurata in tale modo la possibilità di un corretto smaltimento del materiale di rifiuto contenente sostanze o metalli (per es. rame) ecologicamente obiettabili o pericolosi, mediante un procedimento sostanzialmente impiegante materiali di scarto auto-bonificanti.

Come è stato precedentemente detto, il procedimento, oggetto della presente invenzione può essere applicato a fanghi industriali sostanzialmente inorganici, ottenuti tali quali come

sottoprodotti di rifiuto da lavorazioni industriali, ovvero a fanghi artificialmente ottenuti mediante sospensione o soluzione in liquidi acquosi di materiale solido di scarto di origine industriale metallurgica o a loro miscele.

Per brevità il suddetto materiale sarà in seguito designato con il termine di «fanghi industriali».

Questi, ed altri scopi, che più chiaramente potranno apparire al tecnico del ramo dalla seguente descrizione, sono raggiunti, secondo la presente invenzione, da un procedimento per la inertizzazione di fanghi industriali sostanzialmente inorganici, specialmente provenienti da lavorazioni metallurgiche industriali, in sospensione acquosa, mediante solidificazione con l'aggiunta di materiale solido, caratterizzato dal fatto che detti fanghi industriali in sospensione acquosa vengono miscelati con almeno un materiale solido in polvere sostanzialmente disidratante, con almeno un materiale solido in polvere idraulicamente legante e con almeno un materiale solido in polvere inertizzante e con formaldeide in quantità non superiore al 10% in peso del materiale aggiunto totale ed indi granulato o pelletizzato fino ad ottenere un materiale solido avente un valore del pH compreso tra 7 e 13, e dell'umidità non superiore al 35%.

È stato sorprendentemente riscontrato che l'associazione delle condizioni di procedimento sopra descritte assicura di poter ottenere un prodotto finale che assolve pienamente ai requisiti di inertizzazione, imposti dalle strette attuali regolamentazioni, in modo semplice ed economico, specialmente per quanto riguarda il fissaggio del rame associato ad azoto ammoniacale o sotto forma di complessi cupro-ammoniacali, che vengono resi inertizzabili da parte del materiale disidratante e legante, mediante l'aggiunta di minori quantità di aldeide formica.

In conformità ad una forma d'esecuzione dell'invenzione sono sufficienti quantità di aldeide formica comprese tra lo 0,10% ed il 10% circa in peso, rispetto al materiale solido aggiunto. Può essere efficacemente impiegata una qualsiasi soluzione acquosa di formaldeide del commercio, per esempio una soluzione acquosa di formaldeide al 40%.

Non era inoltre prevedibile, rispetto allo stato della tecnica nota, sostanzialmente impiegante come materiale inertizzante solo delle sostanze idraulicamente leganti (cemento, «fly ashes» ecc.) in quantità elevate e costi onerosi, che la sostanziale sostituzione del costoso materiale legante cementizio e/o inertizzante con materiale solido polverulento *di per se* non avente caratteristiche inertizzanti, avrebbe condotto ad ottenere risultati di inertizzazione non inferiori a quelli possibili con l'impiego del solo materiale legante cementizio (cemento ecc.) e inertizzante (argille ecc.).

Viene pertanto a configurarsi un effetto di tipo sinergico nell'associazione nel fango di sostanze solide polverulenti *di per se* prive di azione inertizzante (silice, sabbie, terre e sabbie di fonderia ecc.), con minori quantità di sostanze inertizzanti e/o cementizie leganti.

La quantità di materiale disidratante, inertizzante e legante, da impiegarsi è evidentemente funzione dell'umidità del fango, di quella del materiale impiegato, e di quella voluta nel materiale inerte finale prodotto; questa ultima è di notevole importanza in quanto determina le caratteristiche fisiche dell'inerte finale, come la sua consistenza, il tempo di maturazione o «presa» e la sua idoneità allo stoccaggio ed al trasporto. Ciò viene ottenuto mediante l'accurato controllo dell'umidità finale insieme al valore del pH, a secondo del fango, dei materiali impiegati ecc.

La Richiedente ha verificato che l'umidità finale, come sopra definita, può essere regolata attraverso la seguente espressione, che permette di controllare il processo di inertizzazione fino ad ottenere un prodotto granulato ad umidità pre-

$$Y = \frac{X}{U_c} - 1 \quad (1)$$

nella quale Y è la quantità complessiva di materiale solido secco necessaria, riferita a 1 kg di fango trattato, X è l'umidità % iniziale del fango, U_c l'umidità % del materiale inerte finale voluto.

Per quanto riguarda l'altro parametro correlato, e cioè la basicità del prodotto finale (pH), si è anche riscontrato che è di grande importanza per le caratteristiche finali dell'inerte al fine di conservare in uno stato stabile i composti dei metalli presenti.

Ai fini della presente invenzione esso viene determinato, in modo pratico, misurando il valore del pH della torbida ottenuta disperdendo 10 g di prodotto finale, polverizzato, per esempio a granulometria < 1 mm, in 50 ml di H₂O distillata, dopo 2 ore di agitazione.

Come è stato precedentemente detto, il materiale solido totale (disidratante + legante + inertizzante) può essere costituito in modo prevalente da materiale disidratante, cioè sostanzialmente non avente di per sé azione inertizzante e/o legante, con notevole vantaggio economico.

È possibile operare, a secondo del tipo di fango di partenza e delle sostanze presenti, da inertizzare, con quantità fino all'80% circa, calcolato sul peso totale del materiale solido aggiunto, di disidratante. Normalmente sono efficaci valori dal 10% al 60% circa in peso.

La rimanente quantità, dal 90% al 20% in peso del materiale solido totale, è costituita dal materiale cementizio o legante e/o dall'eventuale materiale ulteriore inertizzante; quando è presente, il materiale legante o cementizio può non superare il 50% in peso di tale residuo e cioè è compreso tra il 45% ed il 10% circa; il resto è inertizzante.

Appaiono pertanto evidenti i notevoli vantaggi economici, a parità di risultati, raggiungibili mediante la drastica riduzione del componente (legante) più costoso, sostituito con materiali a costo praticamente nullo.

In conformità ad un'altra forma di esecuzione della presente invenzione, al fine di accelerare il processo di granulazione e di «presa» del prodotto finale, è possibile vantaggiosamente impiegare agenti acceleratori di tale «presa», durante la fase di miscelazione; preferibilmente si impiega silicato di sodio, in soluzione al 40%, o gesso, in quantità per esempio comprese tra l'1% ed il 30% in peso, rispetto al totale di materiale solido in polvere aggiunto.

Come è stato sopra detto, molti dei materiali solidi in polvere da impiegarsi secondo la presente invenzione sono di per sé costituiti da materiali di recupero e/o di scarto, provenienti da diverse lavorazioni industriali, e pertanto il loro impiego attribuisce al procedimento oggetto della presente invenzione un aspetto di auto-bonifica di materiali di scarto di notevole interesse. Tra questi materiali di scarto, particolare importanza assumono, per le grosse quantità disponibili da smaltire, le polveri di abbattimento dei fumi di acciaieria e/o di fonderia, terre e sabbie di fonderia, i quali, tutti, di per sé costituiscono un problema di smaltimento quantitativo, risolto, secondo la presente invenzione in modo autonomo mediante l'associazione agli altri componenti di scarto presenti nel fango trattato, con costi di acquisizione sostanzialmente ridotti a zero.

Da quanto sopra emerge evidente la ampia possibilità operativa insita nel processo oggetto della presente invenzione, nel quale possono essere impiegate miscele dosate di fanghi inorganici e/o di fanghi con materiali solidi di scarto. Sono evidentemente compatibili fanghi inorganici «artificiali» provenienti da materiali reflui solidi polverulenti sospesi e/o sciolti in acqua o in altri fanghi, secondo dosaggi predeterminati in base alla loro composizione.

Il materiale cementizio o legante è preferibilmente costituito da cementi Portland, ceneri volanti e calce. Nondimeno, come sopra detto, può essere impiegato, secondo la presente invenzione, qualsiasi materiale o miscela di materiali, consistenti di

sostanze aventi una composizione idonea a costituire un cemento o un legante con caratteristiche di idraulicità sufficienti a rendere il prodotto finale adatto al trasporto e/o allo stoccaggio.

I fanghi, che formano il materiale di partenza, sono costituiti, come sopra detto, da qualsiasi fango e/o miscela di fanghi, anche «artificiale» (da materiali solidi miscelati con acqua) di natura e contenuto sostanzialmente inorganico, provenienti da lavorazioni industriali metallurgiche, chimiche ecc.

Fanghi adatti per il trattamento si sono dimostrati: i fanghi provenienti dall'industria galvanica, dalla raffineria e fonderia metallica, dall'industria elettronica, dall'industria chimica, ecc. contenenti qualità più o meno concrete di rame associato ad azoto ammoniacale.

Il contenuto di acqua dei suddetti fanghi può variare entro ampi limiti che non sono critici ai fini del processo oggetto della presente invenzione, essendo entro essa regolabile, e sono compresi tra quella di una sospensione pompabile e quella di un materiale palabile.

Il processo risulta pertanto assai flessibile rispetto al materiale da trattare a secondo delle sue caratteristiche fisiche e chimiche. Pertanto, operando con miscele ben definite di fanghi e di additivi è possibile pilotare la composizione finale del materiale inertizzato entro gli standards richiesti.

Si ottiene cioè un materiale inerte, solido, granulato palabile che dà luogo ad eluati conformi alle normative tecniche più rigorose, rispetto al contenuto di metalli pesanti e specie di rame, permettendo lo smaltimento di rifiuti speciali, anche ad elevato contenuto di metalli pesanti, rame ed azoto ammoniacale, in giacimenti controllati.

La prova di eluizione comprende, secondo una delle specifiche esistenti, la macinazione del solido inertizzato (mulino, mortaio) fino ad attraversare il crivello di 8 mm di diametro (UNI n° 11), la eluizione della fase solida sotto agitazione con acqua demineralizzata (16 volte il solido/peso) satura di CO₂ durante 3 ore, la filtrazione e l'analisi dell'eluato acquoso.

L'ordine di addizione dei materiali al fango non è rilevante ai fini dei risultati. Preferibilmente, la formaldeide viene aggiunta al fango successivamente agli altri materiali in polvere addizionati, sotto agitazione a porzioni.

Il processo di inertizzazione, oggetto della presente invenzione, viene realizzato secondo modalità operative e con apparecchiature sostanzialmente convenzionali.

Esso schematicamente comprende a) la selezione ed il dosaggio dei fanghi, da uno stoccaggio dei fanghi, suddivisi per caratteristiche chimiche (contenuto di Ca, Fe, Al, SiO₂, Cu e azoto ammoniacale, metalli pesanti ecc.) e fisiche (pompabili o palabili), b) la miscelazione fine del fango con gli additivi, c) la granulazione e d) lo stoccaggio del granulato. Le ceneri volanti, l'argilla e le terre o sabbie di fonderia vengono preventivamente disgregate e triturate fino alla voluta consistenza polverosa granulometrica.

La miscelazione del fango o della miscela di fanghi con il materiale in polvere viene protratta fino ad ottenere una pasta omogenea, nella quale l'acqua contenuta nel fango viene utilizzata completamente per ottenere il valore finale dell'umidità e della basicità voluto, mediante il corretto dosaggio degli additivi. Tempi dell'ordine da qualche minuto (10-15) a 2 ore circa sono sufficientemente operativi.

Il processo oggetto della presente invenzione, risponde completamente alle prescrizioni delle direttive C.E.E., specialmente per quanto riguarda la salute e la sicurezza degli operatori e della collettività ed il rispetto delle condizioni ambientali ecc.

Il prodotto finale inertizzato sotto forma granulata o pelletizzato, si presenta con una consistenza meccanica e resistenza all'usura adatte allo stoccaggio, al trasporto ecc.

Il processo si presta, in modo assai flessibile, al trattamento di qualsiasi tipo di fango inorganico assicurando notevoli vantaggi che possono essere così riassunti:

a) immobilizzazione sotto forma non dilavabile del rame, anche in presenza di azoto ammoniacale, e dei metalli pesanti e/o tossici;

b) gran parte degli additivi utilizzati sono reperibili a costi contenuti, essendo a loro volta costituiti da sottoprodotti industriali (effetto auto-bonificante);

c) in linea di principio non è necessaria la disidratazione preventiva dei fanghi, in quanto i leganti e/o gli inertizzanti impiegati hanno caratteristiche di idraulicità, e pertanto capacità di assorbimento di acqua, per la «presa», sufficienti al suo completo assorbimento, se opportunamente dosati;

d) il processo dà luogo a materiali solidi facilmente manipolabili e senza rischi; nessuna emissione liquida, mentre le gassose sono costituite da aria umida e da eventuale ammoniaca in minore quantità, facilmente controllabili e abbattibili (solfato ammonico di recupero);

e) il sistema utilizzato ha un notevole intervallo di tolleranza nei rispetti di eventuali variazioni chimiche; per esempio, i leganti non sono influenzati dalla presenza di agenti ossidanti, come nitrati o clorati.

Per quanto riguarda il comportamento dei granuli solidi inerti ottenuti, essi posseggono le seguenti proprietà:

a) indecomponibilità chimica;

b) resistenza chimica al dilavaggio con acque ricche di bicarbonati e CO₂ o a quelle ricche di cloruro di sodio e solfati, con particolare riguardo al rame presente;

c) buona resistenza meccanica (alla compressione e/o abrasione);

d) progressivo indurimento «maturazione» e miglioramento delle caratteristiche nel tempo.

Tale materiale inerte, pertanto, risulta perfettamente idoneo all'accumulo in giacimento controllato.

La presente invenzione verrà ora ulteriormente descritta nei seguenti esempi, dati per altro a titolo illustrativo ma non limitativo.

Gli esempi 4 e 5 sono stati dati a titolo di confronto operando con fanghi contenenti rame in presenza di azoto ammoniacale, senza l'impiego di formaldeide.

Esempio 1

300 g di fango, ottenuto dalla miscelazione di fanghi reflui provenienti da industrie chimiche, metalmeccaniche e metallurgiche e avente la seguente composizione:

pH			7,55
Zinco	come Zn	mg/l	83
Piombo	come Pb	»	232
Rame	come Cu	»	480
Cadmio	come Cd	»	< 1
Mercurio	come Hg	»	0,31
Nichel	come Ni	»	47
Cromo (III)	come Cr	»	764
Cromo (VI)	come Cr	»	< 3
Selenio	come Se	»	0,19
Arsenico	come As	»	4,8
Fenoli totali	come C ₆ H ₅ OH	»	< 5
Oli minerali		»	110

° Postilla

sono stati mescolati con 216 g di polveri provenienti da abbattimento fumi da forni a cubilotto, aventi la seguente umidità: umidità 0,8%.

Alla miscela, sotto agitazione, sono stati ind aggiunti, dopo 10 minuti, 144 g di ceneri volanti, 60 g di cemento Portland e 9 g di soluzione al 40% di formaldeide.

Dopo ulteriore miscelazione durante 10 minuti, l'impasto è stato ridotto, in un granulatore, sotto forma di sferette aventi un diametro di 3 cm circa.

Dopo maturazione di 3 giorni, le singole sfere presentavano una buona resistenza meccanica (non si rompevano per caduta da un'altezza di 1 m).

Sottoposte a prova di eluizione secondo le modalità indicate, hanno fornito un eluato avente la seguente composizione:

pH		7,95
Zn	mg/l	0,1
Pb	»	< 0,050
Cu	»	0,090
Cd	»	< 0,010
Hg	»	0,002
Ni	»	< 0,050
Cr (III)	»	< 0,050
Cr (VI)	»	0,070
Se	»	0,0003
As	»	0,0008
Fenoli	»	< 0,1
Oli minerali	»	3
N ammoniacale	»	9

Le sfere inertizzate ottenute risultano pertanto adatte per il deposito in giacimento controllato perchè rientranti nei limiti di ammissione usuali.

Esempio 2

Si è operato sullo stesso fango descritto nell'esempio 1 con le stesse modalità, operando:

Fango impianto produzione	g	300
Terra di fonderia	g	284
Ceneri volanti	g	72
Sodio silicato	g	3,6
Formaldeide 40%	g	9
Totale	g	668,6

e ottenendo i seguenti risultati:

pH		8,05
Rame	come Cu	mg/l < 0,050
Piombo	come Pb	» < 0,050
Cadmio	come Cd	» < 0,010
Nichel	come Ni	» 0,090
Zinco	come Zn	» 0,100
Cromo (III)	come Cr	» < 0,050
Cromo (VI)	come Cr	» < 0,050
Mercurio	come Hg	» 0,003
Selenio	come Se	» 0,0001
Arsenico	come As	» 0,0005
Fenoli totali	come C ₆ H ₅ OH	» < 0,1
Oli minerali		» 2
Azoto ammoniacale	come N	» 11

Il materiale inertizzato risulta adatto alla scarica.

Esempio 3

Si è operato sullo stesso fango descritto nell'Esempio 1 e con le stesse modalità, adoperando:

Fango impianto produzione	g	300
Ceneri Cubilotto	g	216
Ceneri volanti	g	144
Formaldeide 40%	g	9
Totale	g	669

e ottenendo i seguenti risultati:

pH			7,80
Rame	come Cu	mg/l	0,100
Piombo	come Pb	»	<0,050
Cadmio	come Cd	»	<0,010
Nichel	come Ni	»	0,200

Il materiale inertizzato risulta adatto alla discarica.

Esempio 4 (di confronto)

Si è ripetuto l'Esempio 2, senza aggiungere la formaldeide e adoperando:

Composizione:

Fango impianto produzione	g	300
Terra di fonderia	g	284
Ceneri volanti	g	72
Sodio silicato	g	3,6
Totale	g	659,6

ottenendo i seguenti risultati:

pH			8,00
Rame	come Cu	mg/l	0,400

l'eluato non risulta accettabile perchè non rientra nei limiti generalmente ammessi per il contenuto di rame eluibile.

Esempio 5 (di confronto)

Si è ripetuto l'Esempio 1, senza aggiungere la formaldeide e adoperando:

5 Fango impianto produzione	g	300
Terra di fonderia	g	150
Argilla	g	150
Cemento	g	180
Acqua	g	100
Totale	g	880

ottenendo i seguenti risultati:

15 pH			11,10
Azoto ammoniacale	come N	mg/l	2,5
Rame	come Cu	»	0,720
Piombo	come Pb	»	<0,050
Cadmio	come Cd	»	<0,010
20 Nichel	come Ni	»	0,060
Zinco	come Zn	»	0,055
Cromo (VI)	come Cr	»	0,090
Cromo (III)	come Cr	»	<0,050

25 l'eluato non risulta accettabile perchè non rientra nei limiti generalmente ammessi per il contenuto di rame eluibile.