



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101997900583890
Data Deposito	21/03/1997
Data Pubblicazione	21/09/1998

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	T		

Titolo

PROCEDIMENTO PER MISURARE LA RADIOATTIVITA' DEL MATERIALE RADIOATTIVO RACCHIUSO IN UN CONTENITORE
--

La presente invenzione riguarda un procedimento per misurare la radioattività del materiale radioattivo racchiuso in un contenitore, in particolare per misurare la radioattività dovuta a sorgenti radioattive e/o materiali attivati o contaminati posti all'interno di un contenitore sigillato.

MI 97 A 0659

Durante lo svolgimento di attività in ambito nucleare (in centrali, laboratori di ricerca, laboratori di analisi, ecc.) viene prodotta una considerevole quantità di rifiuti solidi debolmente radioattivi che vengono normalmente raccolti in contenitori che sono poi sigillati. Per una corretta gestione di questi rifiuti è necessario poter controllare in modo rapido e affidabile la natura e l'entità della contaminazione presente.

Trattandosi di contenitori sigillati, l'unica tecnica utilizzabile risulta essere la misura esterna della radiazione γ , dalla quale, attraverso opportuni calcoli, è poi possibile risalire alla contaminazione totale $\alpha + \beta + \gamma$.

21 MAR. 1997

Il principale problema che si pone nell'interpretazione dei risultati delle misure γ è la valutazione dell'efficienza di rivelazione, trattandosi di sorgenti anche di grandi dimensioni all'interno delle quali sono pressochè sconosciute sia la distribuzione e la natura dei materiali sia la distribuzione dell'attività.

Allo stato attuale, la valutazione dell'attività è generalmente effettuata o tramite il conteggio γ in diverse posizioni laterali all'esterno del contenitore con le ipotesi che il contenuto sia di composizione omogenea e la distribuzione dell'attività sia nota, o mediante misure di

dose γ eseguite lungo il fianco del contenitore, dalle quali misure si risale poi con opportune procedure di calcolo al valore della attività delle sorgenti.

Le misure di laboratorio condotte su contenitori provenienti da centrali nucleari, alcuni contenenti resine a scambio ionico esaurite ed altri contenenti rifiuti tecnologici, hanno mostrato differenze in eccesso anche di un ordine di grandezza tra i valori dell'attività calcolata con tali tecniche e quelli dell'attività vera; conseguentemente, i criteri di radioprotezione adottati nella manipolazione e nello stoccaggio dei rifiuti a bassa attività specifica risultano eccessivamente conservativi.

L'invenzione ovvia agli svantaggi suindicati; essa è un procedimento per misurare la radioattività del materiale radioattivo racchiuso in un contenitore per mezzo di rivelatori di raggi γ posizionati all'esterno del contenitore e, come caratterizzata nelle rivendicazioni, comprendente le fasi di:

- i) pesatura di un contenitore di volume noto per determinare la densità media del suo contenuto,
- ii) posizionamento del contenitore su un supporto;
- iii) posizionamento su rispettivi supporti di due rivelatori di raggi γ collocati simmetricamente rispetto a un asse principale trasversale del contenitore, affacciati alle pareti più piccole del contenitore.;
- iv) movimentazione verticale del contenitore, perchè il suo asse principale longitudinale coincida con l'asse che collega i due rivelatori;
- v) movimentazione dei due rivelatori sui rispettivi supporti per fermarli in una prima posizione simmetrica rispetto al contenitore,

definibile utilmente in base all'esperienza, ove è saggiata l'intensità della radiazione proveniente dal contenitore allo scopo di definire la migliore geometria di conteggio;

vi) movimentazione dei due rivelatori sui rispettivi supporti per fermarli in una seconda posizione simmetrica rispetto al contenitore che si dimostri adatta a fornire conteggi della radiazione ottimizzati rispetto alla precisione della misura e al tempo di conteggio, la distanza di tale posizione dovendo essere generalmente superiore alla dimensione maggiore delle pareti del contenitore affacciate ai rivelatori;

vii) misurazione della radiazione γ e calcolo della media geometrica, espressa in cps, dei ratei di conteggio dei due rivelatori, tale media geometrica essendo legata all'intensità della corrispondente radiazione γ dalla formula seguente:

$$\begin{aligned}(C_1 \cdot C_2)^{1/2} &= I \cdot \beta \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot (\alpha / D^2) \cdot \exp(-\mu^* \cdot \frac{L}{2}) = \\ &= I \cdot \beta \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \varepsilon_1\end{aligned}\quad (1)$$

quando l'attività è concentrata prevalentemente in una zona limitata del contenitore e dalla formula

$$\begin{aligned}(C_1 \cdot C_2)^{1/2} &= I \cdot \beta \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot (\alpha / D^2) \cdot (1 - \exp(-\mu^* \cdot L)) / (\mu^* \cdot L) = \\ &= I \cdot \beta \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \varepsilon_2\end{aligned}\quad (2)$$

quando l'attività è distribuita in modo sensibilmente uniforme entro il contenitore.

viii) calcolo dell'intensità I delle radiazioni γ con una delle formule suddette.

Si comprende che il contenitore, avente generalmente la forma cilindrica di un fusto, sarà posizionato preferibilmente col suo asse

longitudinale orizzontale, cosicchè ciascuna delle due pareti circolari del contenitore sarà affacciata a un rivelatore. Si comprende anche che il posizionamento dei due rivelatori simmetricamente rispetto a un asse principale trasversale del contenitore non è condizione imperativa; un posizionamento non simmetrico comporta soltanto la complicazione del procedimento matematico.

In queste relazioni:

$$\mu^* = (2 / D) + \mu$$

dove:

μ è il coefficiente di attenuazione medio del materiale contenuto, espresso in cm^{-1} ,

I è l'intensità della sorgente, espressa in dps,

β è il branching della riga gamma considerata,

F_1 è il fattore di assorbimento della base del contenitore

F_2 è il fattore di assorbimento in aria;

α è un parametro dipendente dall'energia dei fotoni e dalle caratteristiche dei rivelatori, ma non dalla distanza fra contenitore e rivelatore, dalle dimensioni del contenitore e dalla natura dei rifiuti;

D è la distanza fra un rivelatore e la parete del contenitore alla quale il rivelatore si affaccia, espressa in cm, inclusa la distanza percorsa in media dai fotoni all'interno del rivelatore (in pratica D è la distanza tra detta parete del contenitore e il centro del rivelatore),

L è l'altezza del contenitore, espressa in cm.

Le quantità β , D , L sono note, mentre F_2 , molto prossimo a 1, viene calcolato. La calibrazione dell'apparato richiede quindi la determinazione

di α e F_1 .

A questo scopo si effettua una serie di misure ponendo delle sorgenti calibrate, raggruppate in vario modo, all'esterno di un contenitore vuoto, il più vicino possibile alle sue pareti opposte ai rivelatori, sia dalla parte del rivelatore che dalla parte opposta (distanze D_1 e D_2 , come mostrato nella Fig. 2).

I conteggi nelle due posizioni sono espressi da:

$$C(D_1) = I \cdot \beta \cdot F_2(D_1) \cdot \frac{\alpha}{D_1^2}$$

$$C(D_2) = I \cdot \beta \cdot F_1^2 \cdot F_2(D_2) \cdot \frac{\alpha}{D_2^2}$$

e la quantità F_1 viene ottenuta da:

$$F_1 = \sqrt{(C(D_2) \cdot D_2^2 \cdot F_2(D_1)) / (C(D_1) \cdot D_1^2 \cdot F_2(D_2))}.$$

Successivamente, dai valori di $C(D_1)$ e/o $C(D_2)$, viene calcolato α .

Non essendo nota la composizione chimica dei rifiuti, non è noto il valore del coefficiente di attenuazione, necessario per il calcolo dell'efficienza.

Tuttavia, nell'intervallo di energia che interessa in questo tipo di misure il coefficiente di attenuazione ad una data energia, espresso in cm^2/g , è sensibilmente indipendente dal numero atomico. Da ciò segue che il rapporto tra i coefficienti di attenuazione di due diverse sostanze, espressi in cm^{-1} , è all'incirca uguale al rapporto delle loro densità.

E' pertanto possibile adottare un valore convenzionale del coefficiente di attenuazione, μ_{conv} , ricavabile dal prodotto del

coefficiente di attenuazione dell'acqua, espresso in cm^2/g , per la densità media del materiale raccolto nei contenitori: $\mu_{\text{conv}} = \mu(H_2O) \cdot \rho$. I valori di $\mu(H_2O)$ riportati in letteratura sono:

0.085, 0.066, 0.062 cm^2/g a 662, 1173 e 1332 keV rispettivamente.

I vantaggi principali del procedimento inventato sono che detta media geometrica è sensibilmente indipendente dalla distribuzione del materiale all'interno del contenitore e che il procedimento offre buona sensibilità ed accuratezza delle misure in tutte le immaginabili situazioni pratiche di non omogeneità delle sorgenti.

Un opzionale rivelatore di raggi γ è fatto scorrere parallelamente alla dimensione maggiore del contenitore per fornire ulteriori informazioni utili nel decidere se scegliere la formula (1) o la formula (2).

Le prestazioni della tecnica di misura descritta sono state valutate teoricamente per tutte le possibili combinazioni di non omogeneità di materiale e di radioattività all'interno dei contenitori.

Per attuare il procedimento inventato possono essere usate apparecchiature di tipo molto semplice, come pure di tipo completamente automatico sia per quanto riguarda la movimentazione delle varie parti (principalmente contenitori e rivelatori) che per quanto riguarda il rilevamento e il conteggio delle radiazioni.

Un esempio di attuazione dell'invenzione che non si riduca alla movimentazione puramente manuale del contenitore e dei rivelatori, peraltro da evitare ai fini della sicurezza delle persone, è descritto qui di seguito e comprende:

a) una struttura di supporto di un contenitore associata a un dispositivo di posizionamento atto a collocare il contenitore fra due opposti rivelatori di radiazioni γ e sopra un dispositivo atto a pesare il contenitore per ricavare la densità media del suo contenuto;

b) una coppia di supporti per detti rivelatori posizionati simmetricamente rispetto a un asse principale del contenitore;

c) un organo motore controllato da un elaboratore per causare traslazioni uguali e contrarie di ciascun rivelatore, per far posizionare i due rivelatori ad una prima distanza dal contenitore e fare eseguire un primo conteggio per saggiare la radiazione per riposizionarli poi ad una seconda distanza alla quale corrisponda un conteggio della radiazione ottimizzato dal punto di vista della precisione e della durata della misura.

Le seguenti figure aiutano ad illustrare questo esempio.

Fig. 1 è una vista in pianta, la

Fig. 2 è una vista frontale, secondo la freccia F della Fig. 1.

Le Figg. 1 e 2 mostrano nel loro insieme una struttura di supporto 1 estesa in posizione orizzontale e portante il piano d'appoggio 2 di un dispositivo pesatore 3 atto a pesare un fusto sigillato 4; su ciascun lato della struttura 1 è previsto un supporto 5 in posizione orizzontale per portare un rivelatore di radiazioni γ , indicato con 6, che un organo motore 7, controllato da un elaboratore elettronico 8, fa muovere longitudinalmente nelle due direzioni della freccia F1; un organo motore M è controllato anch'esso dall'elaboratore elettronico 8 per muovere verticalmente il piano d'appoggio 2, secondo la freccia F2, perchè l'asse

longitudinale I-I del fusto 4 risulti coincidente con quello dei rivelatori 6; i conduttori elettrici 9 collegano l'elaboratore 8 con gli organi motore 7 e M e i conduttori elettrici 10 collegano l'elaboratore 8 con i rivelatori 6 (nella Fig. 2 i conduttori non sono indicati); su un supporto 5* posizionato a conveniente distanza da e al di sopra del fusto 4 vi è un terzo rivelatore di radiazioni γ 6*, anch'esso collegato con l'elaboratore 8 a mezzo di un conduttore non indicato, che è fatto muovere nelle stesse direzioni delle frecce F1 per fornire dati circa la distribuzione della radioattività entro il contenitore 4. In questo esempio, la distanza D1 a cui i rivelatori 6 sono posizionati rispetto al fusto 4 per operare secondo il procedimento è maggiore della dimensione W delle pareti circolari del fusto 4, come già si è detto al paragrafo vi), in quanto questa condizione è determinante per ottenere i migliori risultati dal procedimento. L'elaboratore 8 è programmato anche per elaborare i dati forniti dall'operatore, raccogliere gli spettri γ e risolvere le formule (1) e (2).

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per misurare la radioattività del materiale radioattivo racchiuso in un contenitore (4) per mezzo di rivelatori di raggi γ (6) posizionati lateralmente, all'esterno del contenitore, caratterizzato da ciò che comprende le fasi di:

i) pesatura di un contenitore di volume noto (4) per determinare la densità media del suo contenuto,

ii) posizionamento del contenitore (4) su un supporto (1);

iii) posizionamento su rispettivi supporti (5) di due rivelatori di raggi γ (6) collocati simmetricamente rispetto a un asse principale trasversale (II-II) del contenitore, affacciati alle pareti più piccole (W) del contenitore (4);

iv) movimentazione (F2) del contenitore (4), perchè il suo asse principale longitudinale coincida con l'asse (I-I) che collega i due rivelatori (6);

v) movimentazione (F1) dei due rivelatori (6) sui rispettivi supporti (5) per fermarli in una prima posizione simmetrica rispetto al contenitore, definibile utilmente in base all'esperienza, ove è saggiata l'intensità della radiazione proveniente dal contenitore allo scopo di definire la migliore geometria di conteggio;

vi) movimentazione (F1) dei due rivelatori (6) sui rispettivi supporti (5) per fermarli in una seconda posizione simmetrica rispetto al contenitore (4) che si dimostri adatta a fornire conteggi della radiazione ottimizzati rispetto alla precisione della misura e al tempo di conteggio, la distanza di tale posizione (D1) dovendo essere superiore alla

dimensione maggiore delle pareti (W) del contenitore affacciate ai rivelatori (6);

vii) misurazione della radiazione γ e calcolo della media geometrica, espressa in cps, dei ratei di conteggio dei due rivelatori (6), tale media geometrica essendo legata all'intensità (I) della corrispondente radiazione γ dalla formula (1):

$$(C_1 \cdot C_2)^{1/2} = I \cdot \beta \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot (\alpha / D^2) \cdot \exp(-\mu^* \cdot \frac{L}{2}) = \\ = I \cdot \beta \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \varepsilon_1 \quad (1)$$

quando l'attività è concentrata prevalentemente in una zona limitata del contenitore;

viii) calcolo dell'intensità (I) delle radiazioni γ con la formula suddetta (1).

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1 caratterizzato da ciò che l'intensità (I) delle radiazioni γ è calcolata con la formula (2)

$$(C_1 \cdot C_2)^{1/2} = I \cdot \beta \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot (\alpha / D^2) \cdot (1 - \exp(-\mu^* \cdot L)) / (\mu^* \cdot L) = \\ = I \cdot \beta \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \varepsilon_2 \quad (2)$$

quando l'attività è distribuita in modo sensibilmente uniforme entro il contenitore.

3. Procedimento secondo le rivendicazioni precedenti caratterizzato da ciò che un terzo rivelatore di raggi γ (6 *) è fatto scorrere parallelamente all'asse principale maggiore (I-I) del contenitore (4) e a conveniente distanza per fornire ulteriori informazioni utili per decidere se usare la formula (1) o la formula (2).

p/ENEL S.p.A.
il mandatario
Ing. Roberto Ferraiolo
di Ferraiolo s.r.l.

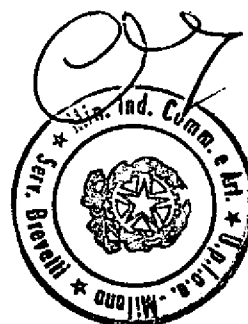
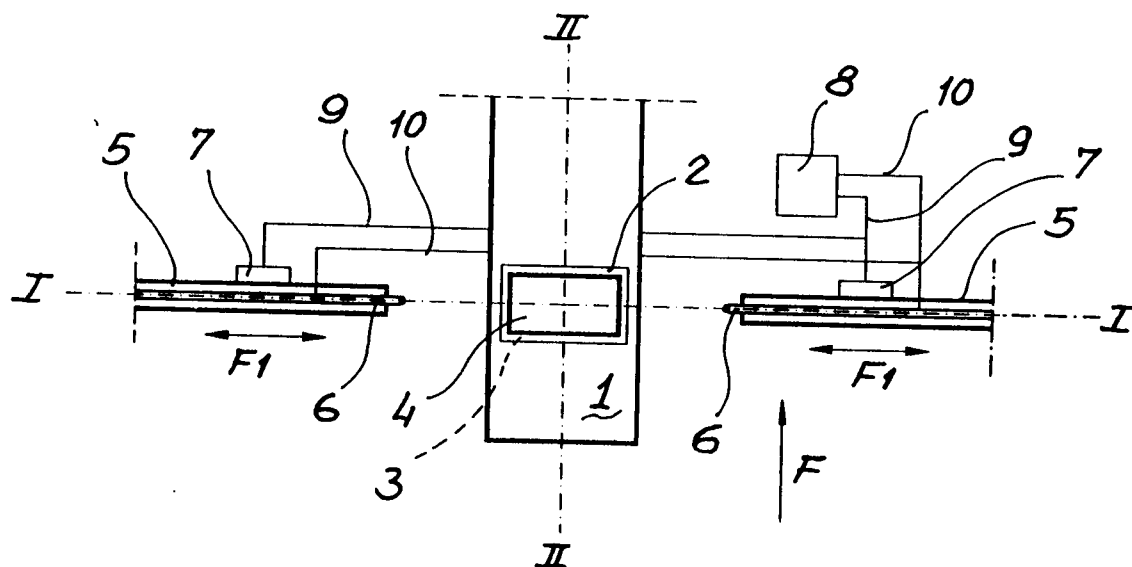
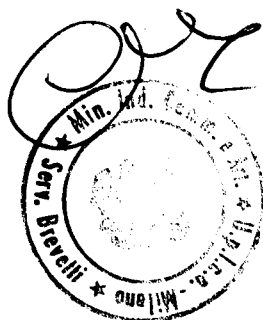
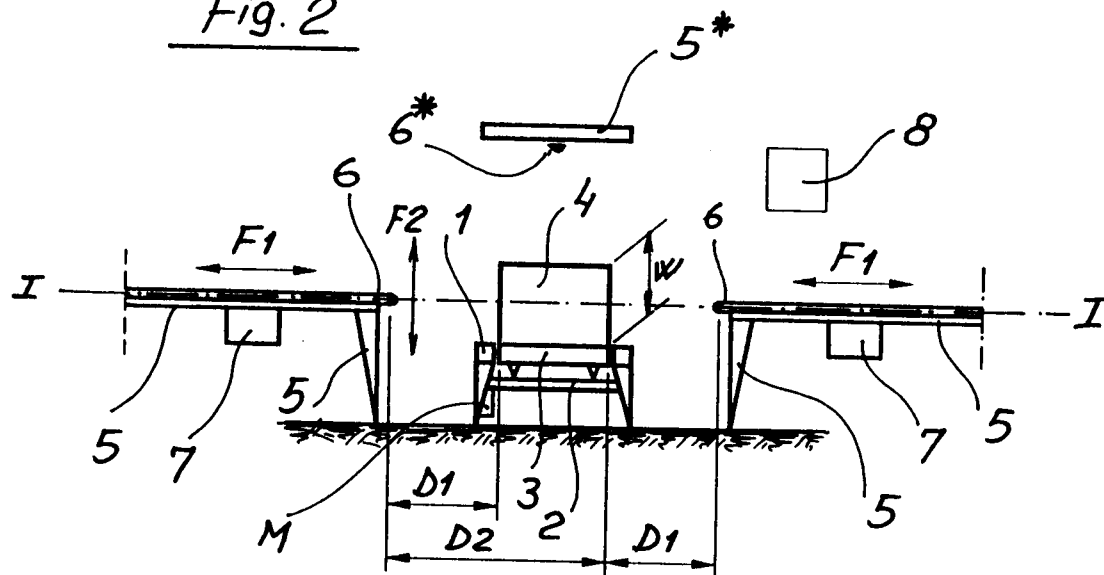


Fig. 1



MI 97 A 0659

Fig. 2



p/ENEL S.p.A.

il mandatario
Ing. Ruggiero Ferraiolo
di Ferraiolo s.r.l.