

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000003347
Data Deposito	15/02/2021
Data Pubblicazione	15/08/2022

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	07	C	5	344

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	07	C	5	02

Titolo

IMPIANTO E METODO PER LA CLASSIFICAZIONE DEL ROTTAME

TITOLO: IMPIANTO E METODO PER LA CLASSIFICAZIONE DEL ROTTAME

A nome: DANIELI & C. Officine Meccaniche S.p.A., Via Nazionale 41, 33042 Buttrio (UD), Italia

* * * * *

5

CAMPO DELLA TECNICA

L'invenzione riguarda un impianto e un metodo per la classificazione di rottame cesoiato che permette di suddividere tipologie di rottame che si distinguono per la loro composizione chimica, in particolare per il contenuto in rame, in frazioni diverse. L'impianto e il metodo
10 possono far utilizzo di varie forme di cesoie e non sono limitati a rottami di determinate dimensioni o pesi.

STATO DELLA TECNICA

In un impianto siderurgico, il rottame è la base del processo produttivo ed il suo acquisto è una
15 delle voci di costo principali, arrivando a pesare da sola quasi il 40 % rispetto al fatturato su un quantitativo di prodotto finale venduto.

Il rottame, nella pratica comune, viene suddiviso in diverse sottoclassi in funzione di peso, pezzatura e origine, ed è estremamente variabile in termini di purezza (e quindi in prezzo) a seconda della percentuale di ferro in esso contenuta: minore è questa percentuale, peggiore è la
20 qualità del rottame. In secondo luogo alcuni elementi, *in primis* rame e stagno, devono essere rimossi per quanto possibile dal bagno metallico dato che una loro concentrazione sopra certe soglie comporta difettosità e decrementi qualitativi nel prodotto. Alle caratteristiche geometriche e dimensionali del rottame si integrano quindi due caratteristiche di purezza, quest'ultima avendo effetto sul cosiddetto "calo-forno".

25 Dal punto di vista dimensionale il rottame ferroso è suddivisibile in non meno di quattro categorie e ciascuna di esse è utile per bilanciare le ceste con cui vengono alimentati i forni fusori. Nella pratica comune la classificazione del rottame è complessa e dipende dal mercato locale, per cui la seguente descrizione fa riferimento ad una casistica generale e semplificata.

30 Una prima classe può essere considerata quella del rottame da mulino di triturazione (*shredder*), normalmente di pezzatura ridotta contenente contenuti di inerti e residui molto variabili. Esso

quindi si caratterizza per un'elevata densità quando caricato in cesta e normalmente viene utilizzato per comporre il fondo della stessa. Questa tipologia di rottame deriva principalmente dalla rottamazione e macinatura di autoveicoli, elettrodomestici, rifiuti urbani metallici. In genere la macinatura avviene all'interno di mulini a martelli o *shredder*, che provvedono alla frantumazione di tutti gli elementi man mano sottoposti: questa frammentazione porta ad un notevole volume di componenti di piccole dimensioni, che vengono vagliati attraverso sistemi di separazione (*sorting*) come tamburi magnetici, tappeti a correnti indotte, soffiaggi di aria. Il flusso in uscita viene pertanto separato in materiali principalmente ferrosi, non ferrosi e se possibile suddivisi tra rame e alluminio, inerti, tra cui se possibile plastiche leggere e plastiche pesanti.

Una seconda categoria di rottame è quella derivante dalle demolizioni edili, per cui si ha un insieme di materiale di dimensioni variabili, variamente agglomerato con resti di cemento o simili, che viene tagliato in sezioni trasportabili, ma che possono avere dimensioni rilevanti. In questa categoria possono essere presenti anche materiali da raccolta o comunque rottame obsoleto. Questo materiale non è particolarmente pregiato e va mescolato con altri più pregiati, oltre che ridotto di dimensioni (se necessario) per consentire un opportuno riempimento delle ceste.

Una terza categoria di rottame è quella derivante da scarti di stampaggi e lavorazioni. In questo caso la qualità è elevata, i contaminanti sono limitati e conseguentemente il calo forno è basso, mentre il problema sono le dimensioni dei pezzi. In genere le lastre di stampaggio hanno dimensioni notevoli per massimizzare il numero di pezzi realizzabili con ciascuna di esse, per cui per diventare agevolmente movimentabili devono essere sezionate.

La quarta fra le categorie principali di rottame è quella composta da scarti metallici di notevoli dimensioni, quindi ad esempio tralicci, rotaie, putrelle edili, lastre di acciaio e altro di notevole peso, che richieda un taglio realizzato da macchine aventi elevate prestazioni meccaniche. Anche in questo caso, in genere, la qualità del rottame è buona ma è notevole la complessità di trasporto. Si tratta quindi di categorie solitamente omogenee e ben definite di materiale che devono essere processate al fine di permettere un agevole caricamento in forno.

Come noto, un impianto siderurgico utilizza un numero variabile di ceste per ogni fusione (in media tra le due e le tre). In alternativa vengono utilizzate cariche continue mediante nastri trasportatori o vibranti.

Tuttavia il rottame alimentato ai forni per le fusioni non è sempre della stessa tipologia o comunque disomogeneo, è infatti comune mischiare fra loro le varie categorie di rottame sopra descritte in diverse percentuali al fine di smaltirle dal parco rottame in modo quanto più uniforme e cercare di mantenere la miscela di carica equilibrata per ottenere tempi di fusione costanti. Il materiale caricato deve avere le seguenti caratteristiche:

- Permettere un agevole processo di caricamento del forno riducendo, per quanto possibile, i tempi morti legati al caricamento di una cesta;
- essere distribuito all'interno della cesta in modo da minimizzare franamenti e danni al forno durante la fase di carica e di perforazione dell'arco;
- avere un contenuto di elementi residui (Cu, Sn) compatibile con i limiti di composizione dell'acciaio da produrre;
- avere un costo medio competitivo vista la forte influenza del rottame ferroso sul prodotto finito.

L'esempio seguente serve a dare un'idea della composizione di una cesta con diverse tipologie di rottame ed illustra come ciascuna categoria di rottame svolga una funzione utile alla buona riuscita della fusione:

Sul fondo viene posto rottame leggero per preservare l'integrità della suola del forno e ridurre spruzzate di metallo caldo residuo (*hot heel*), segue uno strato di rottame pesante (circa 0,90 t/m³) che è localizzato in questa posizione inferiore per evitare rotture degli elettrodi di grafite e coperto da uno strato di rottame medio (circa 0,70 t/m³). Lo strato superiore è formato nuovamente di rottame leggero per garantire una veloce perforazione da parte dell'arco e la protezione dei pannelli del tetto.

La composizione delle ceste viene effettuata prelevando, solitamente mediante gru, le diverse tipologie di rottame dal parco rottame, per cui diventa importante poter separare le diverse tipologie di rottame ed in particolare identificare eventuali *stock* di rottame con impurità, ad esempio rame, dato che le stesse finiranno nel bagno metallico e in qualche maniera dovranno essere rimosse o diluite.

Attualmente il rottame viene trasportato nell'impianto siderurgico tramite camion o vagoni container, ne viene verificata la massa effettiva, essendo poi classificato e trasportato nell'area di stoccaggio. La grande varietà del materiale in ingresso richiede un processo di classificazione che spesso viene eseguito da operatori esperti secondo la loro esperienza.

Il procedimento che guida all'acquisto del carico prevede che il camion pieno venga pesato, il rottame venga poi scaricato in un'area del parco rottame e il camion venga ripeso per capire l'ammontare della tara. Il prezzo viene determinato sulla differenza di massa, quindi sull'effettivo del materiale scaricato.

- 5 È chiaro che in questo peso è compresa una maggior parte di rottame idoneo, ma spesso anche una quota di rottame inidoneo e altri materiali non utili o dannosi per la fusione, come plastiche, terra, carta, altro.

Questo insieme di rottame inoltre è costituito dalle dimensioni più disparate e spesso si trova aggrovigliato in grumi, che si vengono a creare durante il trasporto, tra materiali che sono stati
10 caricati con gru e che si sono piegati e vincolati tra loro, risultando non agevoli da districare. Un'altra significativa parte del rottame può avere una pezzatura troppo grande per permettere l'agevole caricamento in cesta.

Per questo motivo molti impianti propendono per l'impiego di apposite cesoie con cui sezionare questi mucchi di rottame.

- 15 Il problema lasciato irrisolto da tutti questi passaggi è tuttavia quello della purezza del rottame che viene trattato: infatti le cesoie tagliano quanto viene loro sottoposto, sia esso ferro più o meno puro, sia che contenga tracce più o meno importanti di altri materiali indesiderati. Di questo rottame non si conosce la composizione e si può fare una suddivisione prettamente dimensionale nel parco rottame o basata tutt'al più su analisi visive del rottame più superficiale,
20 con il rischio che quantitativi anche importanti di elementi indesiderati vengano fusi, portando ad un peggioramento della qualità produttiva.

ESPOSIZIONE DELL'INVENZIONE

- L'invenzione si pone lo scopo di superare i suddetti inconvenienti e di proporre un impianto e
25 un metodo che permetta una classificazione non solo ponderale o dimensionale del rottame, ma anche una classificazione a seconda della composizione chimica del rottame.

Ulteriore scopo dell'invenzione è quello di fornire un impianto e un metodo per la classificazione del rottame utilizzato da un impianto siderurgico, che sia in grado di comporre dei volumi di rottame destinati alle fusioni il quanto più possibile ottimizzati e contenenti tracce
30 di elementi indesiderati minimizzate, così da poter rispettare i requisiti qualitativi e normativi richiesti per i prodotti finiti al termine del processo produttivo. Altro scopo dell'invenzione si

esprime nel bisogno di trovare un impianto e metodo per la classificazione di una parte significativa del rottame, permettendo di ridurre l'incertezza sugli elementi residui, in particolare sul rame, impiegati nel processo fusorio e quindi di ottimizzare ulteriormente la gestione delle miscele di carica.

5 Ulteriori scopi e vantaggi dell'invenzione risultano dalla seguente descrizione.

In un primo aspetto dell'invenzione, lo scopo è raggiunto mediante un impianto per la classificazione di rottame a seconda della sua composizione chimica contenente:

(a) una cesoia atta a tagliare rottame;

10 (b) a valle della cesoia un analizzatore della composizione chimica del materiale cesoiato;

(c) mezzi di trasporto per trasportare detto materiale cesoiato a detto analizzatore; e

(d) un sistema di scarico atto a suddividere il materiale analizzato a seconda della sua composizione chimica determinata da detto analizzatore.

15 Queste cesoie sono solitamente costituite da cassoni di contenimento in cui gli ammassi di rottame vengono rovesciati da un braccio meccanico. Il cassone è generalmente dotato di alcune pareti mobili ed in genere comprime su tre assi: la parete laterale che schiaccia verso l'interno del cassone, il coperchio spinge verso il basso e dal fondo tramite un pistone il materiale viene schiacciato e spinto verso il lato d'uscita.

20 La cesoia usualmente è disposta all'uscita dal cassone di compressione e dispone di una lama dritta o inclinata (stile ghigliottina, al fine di distribuire lo sforzo lungo il filo di taglio) che si alza e sia abbassa idraulicamente e man mano che il prodotto viene spinto verso l'uscita viene tagliato in agglomerati di lunghezza variabile in genere tra i 40 cm e il metro e 20 cm. Per aiutare il taglio spesso dal lato opposto della lama della cesoia viene predisposta una controlama. Le cesoie sono fatte per un taglio lento, ad esempio possono realizzare alcuni tagli
25 al minuto (in genere si possono considerare 300 cicli di taglio l'ora).

Esistono cesoie disposte mobili su ruote o cingoli in modo da poter caricare materiale da diverse parti del parco rottame ovvero cesoie fisse, in questo caso è il rottame che deve essere portato alla cesoia. La mobilità della macchina è preferibile quando la forza di taglio richiesta è bassa, e quindi in macchine piccole. La maggior parte delle cesoie mobili ha una disposizione del
30 cassone orizzontale ed è particolarmente adatta a lavorare con rottami leggeri e poco densi.

Tipicamente una cesoia orizzontale per tagliare rottame comprende un cassone per la carica del materiale e un cilindro di avanzamento per trasportare il rottame verso un'uscita per scaricare il rottame processato che è limitata dal cilindro della cesoia con le lame di taglio in modo da tagliare il rottame appena prima dell'uscita. Il tutto è gestito da una centralina idraulica.

- 5 In alternativa per la lavorazione dei rottami più grandi e pesanti si utilizzano cesoie fisse inclinate, che - sfruttando la forza di gravità - possono far a meno del cilindro posteriore e anche di quelli laterali e/o superiori ed utilizzare il surplus di olio per dotare la cesoia di una maggior pressione di taglio. Il taglio può essere facilitato grazie alla presenza di ganasce che trattengono il materiale all'uscita dalla cesoia mentre viene tagliato e tra un taglio e l'altro, queste macchine
10 in genere dispongono inoltre di tappi idraulicamente movimentati per chiudere l'area di uscita dal cassone.

- Particolarmente idonea è una cesoia a lama mobile inclinata, per esempio di un angolo di circa 10°, combinata con un fondo inclinato, per esempio di circa 30° e preferibilmente anche con elementi di compressione laterale con forze di compressione ad esempio attorno a 560
15 tonnellate, ma senza cilindri di spinta. La forza di taglio raggiunge anche valori di 2.000 tonnellate e sono ottenibili dimensioni di taglio di 1200 mm di larghezza e da 400 a 1200 mm di lunghezza. Cesoie di questa tipologia, che lavorano in forma automatizzata continua, raggiungono una produttività > 100 tonnellate/ora. Il rottame scivola per gravità lungo il fondo inclinato verso la lama inclinata, fondo e lama realizzando tra di essi un angolo di circa 140°;
20 riduttori laterali e verticali densificano il materiale e adattano le sue dimensioni.

I valori qui sopra esemplificati, ma che vengono riportati lungo il testo sono dei valori preferenziali ma in ogni caso non esclusivi.

- Queste cesoie consentono quindi di sezionare i volumi misti di rottame in pezzi o grumi di dimensioni compatte ed adatte per un'introduzione nelle ceste o nei nastri trasportatori delle
25 colate continue e quindi nei forni fusori.

- Vantaggiosamente, l'impianto inizia con una cesoia simile a quelle descritte, in forma preferenziale con una cesoia della categoria a cassone e lama inclinati, dato che essa consente di tagliare tutte le tipologie di rottame ed ha un circuito idraulico semplificato rispetto alla cesoia orizzontale. Tuttavia, il concetto potrebbe essere realizzato anche con una cesoia
30 orizzontale oppure con altre cesoie note nell'arte.

In una forma esecutiva dell'invenzione, l'analizzatore potrebbe essere situato direttamente all'uscita della cesoia, in questo caso detti mezzi di trasporto per trasportare detto materiale cesoiato a detto analizzatore coinciderebbero con i mezzi previsti nella cesoia per trasportare il materiale all'uscita. La variante preferita dell'invenzione prevede però che detto analizzatore si
5 trovi distanziato dalla cesoia e che detti mezzi di trasporto colleghino la distanza tra cesoia e analizzatore. In questo caso, l'analizzatore può essere disposto sul o, in altre parole, lungo detti mezzi di trasporto oppure alla fine di detti mezzi di trasporto.

L'analisi della composizione chimica del rottame cesoiato permette la sua classificazione in base agli elementi presenti e alla loro concentrazione per ottimizzare l'utilizzo successivo, e
10 questo direttamente in sede della cesoiatura del rottame. Il risultato di una tale analisi potrebbe servire ad effettuare una pre-classificazione del rottame che entra nella cesoia, permettendo poi nell'impianto secondo l'invenzione una ulteriore sub-classificazione.

Preferibilmente, a valle della cesoia è disposto, come mezzi di trasporto, un nastro o tappeto di trasporto atto ad accogliere il materiale cesoiato. Questo tappeto di trasporto può essere
15 movimentato da motori, oppure vibrante mediante ad esempio un sistema a masse eccentriche, la cui sommatoria dei movimenti rotativi genera una risultante di avanzamento. Il tappeto di trasporto è disposto preferibilmente al di sotto dell'apertura del cassone della cesoia, in modo che il materiale vi cada sopra per gravità: questa caduta, insieme all'azione del trasporto e/o della vibrazione in caso di tappeto vibrante contribuisce a depolverare il rottame. Per aiutare la
20 pulizia dell'area può essere previsto un sistema di aspirazione disposto nei dintorni del tappeto di trasporto. È consigliabile disporre l'aspirazione al di sotto di esso. La vibrazione inoltre distribuisce il materiale più uniformemente preparandolo meglio ad un'eventuale separazione magnetica in materiale ferroso e non ferroso.

In una variante molto vantaggiosa dell'invenzione, l'impianto per la classificazione di rottame
25 comprende, disposto tra detta cesoia e detto analizzatore, un separatore magnetico per suddividere il materiale cesoiato in materiale magnetico e materiale non magnetico. In questo caso, vantaggiosamente, detti mezzi di trasporto comprendono primi mezzi di trasporto per trasportare il materiale cesoiato da detta cesoia a detto separatore magnetico e secondi mezzi di trasporto per trasportare almeno il materiale magnetico da detto separatore magnetico a detto
30 analizzatore.

In questa variante, la fase di percorso che il rottame compie dopo la cesoiatura è quella di subire una separazione tra i materiali magnetici da quelli non magnetici ovvero una suddivisione in una frazione ferrosa e una frazione non ferrosa. Preferibilmente, detto separatore magnetico è un sistema a tamburo magnetico rotante, vantaggiosamente disposto a valle dei primi mezzi di trasporto, ad esempio un semplice tappeto di trasporto o più vantaggiosamente un tavolo vibrante o simile. Preferibilmente, il materiale non ferroso viene asportato da un relativo mezzo di trasporto, sul quale cade ad esempio direttamente dal tamburo.

In una forma preferenziale, il diametro del tamburo magnetico è maggiore della lunghezza minima di rottame tagliabile dalla cesoia: per cui se la cesoia in questione taglia al minimo tratti da 40 cm, il tamburo magnetico avrà almeno un diametro di 40 cm. Tuttavia il rapporto ottimale si ha con un tamburo di diametro compreso tra una e due volte la lunghezza massima realizzabile dalla cesoia: quindi per 1,2 m di cesoiato, il tamburo ottimale ha un diametro di 1,5 m. Questo perché una dimensione rimane ugualmente fissa, l'apertura della bocca della cesoia, con dimensioni comprese tra 1 e 1,5 m.

Un sistema preferito per preparare e classificare il rottame ai fini della sua fusione è quindi composto da un'unità di cesoiatura, preferibilmente con una cesoia a lama e fondo inclinati, un'unità di separazione di materiali inerti, polverosi e non ferrosi da materiali ferrosi e un'unità di analisi per determinare la composizione chimica, almeno per alcuni elementi, del materiale ferroso separato.

In un'ulteriore forma esecutiva alternativa dell'invenzione, l'impianto prevede terzi mezzi di trasporto atti a trasportare il materiale cesoiato direttamente all'analizzatore bypassando il separatore magnetico. In alternativa, è ipotizzabile spostare il separatore magnetico dal flusso di processo con relativi mezzi di movimentazione e chiudere il *gap* formatosi ad esempio, con un relativo scivolo o simile.

Questa forma esecutiva è opportuna, nel caso il rottame caricato in cesoia possa essere anche prettamente della tipologia di notevoli dimensioni e peso e quindi pressoché puro. Per reagire nell'impianto a diverse dimensioni e pesi del rottame, è utile prevedere una misura per escludere il separatore magnetico dal servizio e sostituirlo da un tratto alternativo. Il materiale di grandi dimensioni e/o pesi infatti non riuscirebbe ad essere sollevato e rischierebbe di incastrarsi nel separatore, provocando danneggiamenti allo stesso.

I mezzi di trasporto possono comprendere, in caso di secondi mezzi di trasporto dopo il separatore magnetico, un nastro trasportatore di tipo radiale/brandeggiante, ovvero capace di muoversi attorno ad un raggio di cerchio, il cui centro corrisponde al punto di carica del rottame, permettendo di creare diverse destinazioni del materiale trasportato a seconda dell'angolo di rotazione. Se l'analizzatore è situato a monte del trasportatore radiale le destinazioni possono corrispondere a diverse frazioni di materiali con composizione chimica differente. Un trasportatore radiale può fungere da sistema di scarico. Il sistema di trasporto è preferibilmente di tipo inclinato e da un punto di carica situato in basso eleva il materiale, rovesciandolo su mucchi disposti al di sotto del perimetro lungo cui può ruotare. Ciascuno di detti mucchi si caratterizza per essere uniforme dal punto di vista delle composizioni del materiale ivi contenuto. I secondi mezzi di trasporto possono quindi coincidere con il sistema di scarica atto a suddividere il materiale analizzato secondo il punto (d).

Altrimenti il trasportatore radiale può servire ad indirizzare il flusso di materiale, a scelta, verso l'analizzatore trovandosi più avanti oppure verso una destinazione che non richiede un'analisi.

In alternativa il sistema di scarico può essere realizzato da un nastro trasportatore, preferibilmente inclinato, che alimenta nastri multipli a doppia via. Entrambe le soluzioni sono descritte più dettagliatamente con riferimento a due esempi esecutivi illustrati nelle figure 1 e 2. Questi tipi di mezzi di trasporto permettono di scaricare il materiale cesoiato e separarlo in frazioni separate, di collocarlo quindi a seconda della composizione chimica determinata nell'analizzatore, preferibilmente presente su questi secondi mezzi di trasporto, o in alternativa sui terzi mezzi di trasporto. Un'altra soluzione per un sistema di scarico è uno scivolo orientabile come descritto più avanti con riferimento alla figura 3.

Preferibilmente, i mezzi di trasporto (primi e/o secondi) comprendono degli alimentatori vibranti per distribuire il materiale in modo uniforme su detti mezzi di trasporto.

Vantaggiosamente, i mezzi di trasporto comprendono inoltre mezzi di pesatura. In una variante molto preferita dell'invenzione, la velocità dei mezzi di trasporto è regolabile in modo da permettere di adattarla alle esigenze dell'analizzatore a seconda dei tempi di misurazione.

I mezzi di trasporto, in particolare i secondi mezzi di trasporto, sono vantaggiosamente una composizione da più elementi vibranti e convogliatori inclinati, ad esempio disposti a cascata, per ottimizzare la regolazione precisa e fine del flusso in base alle esigenze dell'analizzatore.

Preferibilmente, i mezzi di trasporto comprendono un convogliatore, vantaggiosamente inclinato, su cui si trova l'analizzatore, seguito preferibilmente da un ulteriore convogliatore più veloce, sempre facente parte dei mezzi di trasporto, che convoglia il materiale analizzato al sistema di scarico atto a separare diverse frazioni di materiale in base ai risultati trasmessi dall'analizzatore.

Analizzatori del tipo menzionato sopra sono in particolare in grado di rilevare gli elementi Cu, Sn, Zn, P, Mo, Ni, Cr e Mn e di classificare il materiale non tanto in base al contenuto in ferro, ma quanto in base alla presenza di impurità.

- 10 In un'altra forma esecutiva dell'invenzione, nel punto di carica del rottame viene predisposto un sistema di pesatura del materiale proveniente dalla cesoia precedentemente depurato da contaminazioni non magnetiche per quanto è stato possibile. Tale sistema di pesatura può utilizzare ad esempio celle di carico o molle tarate e questa misura, assieme al dato di velocità di trasporto del nastro, consente di calcolare la portata nel tempo del materiale. Oltre al peso, 15 ciascun mucchio è caratterizzabile per la presenza o meno di un certo elemento chimico o di una soglia di detto elemento.

Prendendo come esempio applicativo rame e stagno, che sono componenti indesiderati in fusione, si possono avere ad esempio mucchi di rottame aventi una composizione percentuale inferiore allo 0,2% di rame e/o stagno, inferiore allo 0,4%, all'1% e così via. In una variante 20 vantaggiosa dell'invenzione, la classificazione dei materiali risulta in frazioni che si caratterizzano per un contenuto in rame rispettivamente di < 0,20 % (m/m), di 0,20 - 0,35 % (m/m) e > 0,35 % (m/m). In questo modo è quindi possibile comporre alimentazioni di rottame maggiormente consapevoli al processo fusorio.

Per poter ottenere questa separazione è necessario poter analizzare la composizione del rottame 25 che viene trattato preferibilmente in transito, cioè "on-line" lungo i mezzi di trasporto. A tal proposito, l'impianto secondo l'invenzione prevede un analizzatore chimico. Preferibilmente, detto analizzatore è un analizzatore XRF, un analizzatore LIBS oppure un analizzatore per attivazione neutronica, preferibilmente è un analizzatore per attivazione neutronica, in particolare un sistema PGNA.

- 30 La tecnologia XRF (*X-ray fluorescence spectroscopy* o *X-ray fluorescence*, spettroscopia di radiazione di fluorescenza X) è una tecnica di spettroscopia in emissione di raggi X, i quali

permettono l'identificazione degli elementi chimici che sono presenti, o compongono, il campione esaminato. Il principio utilizzato è il seguente: impiegando una radiazione X di energia ed intensità appropriate è possibile creare una vacanza in un guscio interno dell'atomo di un elemento. Tale posizione viene successivamente rioccupata da un elettrone che appartiene ad uno dei gusci più esterni, che nella diseccitazione produce un fotone che ha una energia pari alla differenza tra le energie dell'elettrone nelle due posizioni iniziale e finale. Tale tecnica verrebbe utilizzata vantaggiosamente non in maniera locale (analizzando istantaneamente/localmente la composizione del materiale), ma integrando le informazioni di composizione per una determinata massa di rottame. I picchi caratteristici di vari elementi si distinguono chiaramente nello spettro di emissione. La tecnica non è distruttiva, ma fornisce informazioni solo sulla composizione superficiale del rottame.

Un analizzatore LIBS (acronimo dell'inglese *laser induced breakdown spectroscopy*, spettroscopia di plasma indotto da laser), utilizza un impulso breve di un laser per creare un micro-plasma sulla superficie del campione, e si verifica l'ablazione di un piccolo volume della massa del campione. La luce emessa dal plasma è raccolta e analizzata da uno spettrografo. Ogni elemento della tavola periodica è associato con picchi spettrali specifici.

L'analizzatore disposto ad esempio lungo la sezione di un convogliatore inclinato, esamina quindi i flussi di materiale cesoiato che gli passano al di sotto e ne conta i diversi elementi chimici di composizione. Un emettitore di luce penetrante può essere disposto al di sotto (o al di sopra) del materiale e dal lato opposto viene installato un ricevitore. Lo stato dell'arte e il mercato offrono una vasta gamma di sistemi analizzatori utilizzabili allo scopo che qui non necessitano di una descrizione più dettagliata.

Un funzionamento esemplare del sistema è il seguente: Quando, grazie ai dati di velocità del convogliatore e del peso del materiale oppure dopo un determinato periodo di tempo, una determinata quantità di materiale è transitata al di sotto dell'analizzatore (ad esempio una tonnellata), il conteggio ha termine e l'ammontare esaminato, in funzione degli esiti del conteggio, viene scaricato nel mucchio più idoneo in termini di comunanza di elementi. È necessario attendere il passaggio di una certa quantità di rottame dato che la misura ha una durata minima (ad esempio un minuto).

Il sistema di scarico atto a suddividere il materiale analizzato a seconda della sua composizione chimica determinata da detto analizzatore è quindi vantaggiosamente una combinazione tra

mezzi di trasporto atti a depositare il materiale uscente in diverse posizioni, mezzi di pesatura e un'unità di controllo che calcola dai pesi la portata e suddivide il flusso di materiale in porzioni di determinati pesi caratterizzandole anche chimicamente con i dati ricevuti dall'analizzatore per indirizzarle attraverso il comando dei mezzi di trasporto in mucchi/frazioni diversi.

5 Per aiutare la lettura e l'analisi del materiale, è opportuno che lo strato che venga analizzato sia di altezza ridotta e sovrapposto il meno possibile. Per cui è opportuno disporre nel mezzo di trasporto a monte dell'analizzatore dei sistemi atti a "pettinare" il materiale, ad esempio delle lame o spuntoni, che infilandosi tra il materiale lo districano. Il materiale infatti, dopo la cesoiatura, avendo dimensioni più contenute è più facile da trattare con il presente sistema.

10 In alternativa, lo stesso mezzo di trasporto può essere dotato di elementi in rilievo atti a svolgere questo compito mentre trasportano il materiale verso l'analizzatore.

In una variante preferenziale dell'invenzione invece detti primi e/o secondi mezzi di trasporto sono dotati di tavoli, nastri e/o alimentatori vibranti. Tali elementi vibranti aiutano a omogeneizzare la distribuzione del materiale ovvero, in altre parole, a trasformare un flusso di
15 materiale non costante in un flusso costante più idoneo all'analisi chimica e anche alla separazione magnetica. Un elemento vibrante compatta il materiale nel senso di chiudere le lacune che si formano tra un *batch* e il seguente.

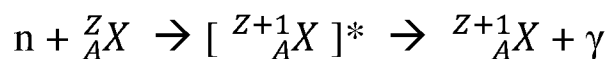
Il mercato offre una vasta gamma di elementi vibranti, dotati solitamente di un piano delimitato da lati resistenti all'abrasione e di motori vibranti posti al di sotto del piano.

20 Molto vantaggiosamente, detto analizzatore è situato su detti mezzi di trasporto, in particolare su detti secondi mezzi di trasporto in caso di presenza di un separatore magnetico. Questo permette l'analisi *in situ* e durante il trasporto a destinazione risparmiando tempo e fornendo prima del deposito del materiale informazioni sulla sua destinazione.

Molto vantaggiosamente, è possibile utilizzare per questo scopo anche un sistema di analisi di
25 attivazione neutronica, in particolare PGNAA (Prompt Gamma Ray Neutron Activation Analysis, analisi per attivazione neutronica di raggi gamma istantanei) o PFTNA (Pulsed Fast Thermal Neutron Activation, analisi per attivazione pulsata di neutroni termici veloci).

L'analisi di raggi gamma istantanei o pronti tramite l'attivazione con neutroni è una tecnica analitica senza contatto e non distruttiva utilizzabile nei sistemi di analisi *online* per determinare
30 la composizione chimica di materie sfuse.

I neutroni interagiscono con gli elementi nei materiali bombardati, che poi emettono raggi gamma che possono essere misurati. Ogni elemento emette un fotone di energia caratteristica quando ritorna ad uno stato stabile dopo l'eccitazione provocata dall'assorbimento di un neutrone nel nucleo. Quando un neutrone termico, o meglio un neutrone a bassa energia (< 0,025 eV) si avvicina o si scontra con un nucleo di un atomo, avviene un'interazione tra il neutrone e il nucleo. L'atomo assorbe quindi un neutrone e aumenta il numero di massa di +1 passando allo stato eccitato. Durante la sua diseccitazione, l'atomo emette un fotone nell'intervallo dei raggi gamma che è caratteristico di ciascun elemento. Il fotone viene detto "pronto" in quanto emesso all'istante della reazione nucleare.



Il raggio gamma emesso ha un'energia distinta associata all'atomo da cui è stato rilasciato. In sostanza, il raggio gamma emesso è come una "impronta digitale" dell'elemento. I raggi gamma emessi vengono rilevati e viene generato uno spettro di energia che dà informazioni sugli elementi presenti e sulla loro quantità.

Gli analizzatori *online* PGNA e PFTNA rilevano i raggi gamma utilizzando, per esempio, rivelatori a scintillazione. Questi rivelatori sono composti da una struttura cristallina di elevata purezza che, se esposta ai raggi gamma, produce fotoni proporzionali in energia all'energia dei raggi gamma che entrano nel cristallo. Un tubo foto-moltiplicatore accoppiato al cristallo converte gli impulsi di luce in segnali elettrici. Gli impulsi elettrici prodotti vengono amplificati e analizzati per ottenere informazioni su elementi specifici. Lo stato dell'arte conosce vari rilevatori alternativi che l'esperto individua facilmente.

Il processo di attivazione neutronica è un metodo radio-analitico in grado di identificare in un qualunque campione, che si presenti allo stato solido, liquido o gassoso, praticamente tutti gli elementi della tavola periodica, questo però con limiti di rilevabilità e di quantificazione dell'elemento non uguali per tutti gli elementi.

Dall'energia del fotone emessa si ottiene il risultato qualitativo (identificazione dell'elemento presente) e dal conteggio dei fotoni di questa energia si ottiene il risultato quantitativo (la quantità dell'elemento presente nel rottame). Il risultato viene espresso in uno spettro di energia

che rappresenta il “conteggio” dei fotoni in funzione dell’energia con un picco per ogni elemento.

I neutroni usati nella tecnica di analisi sono forniti o da un radioisotopo, spesso Californium 252 (^{252}Cf), o da un sistema generatore di neutroni. Il radioisotopo subisce una fissione spontanea e produce neutroni che vengono utilizzati nel processo di analisi. I neutroni di un generatore di neutroni sono prodotti elettricamente in un acceleratore. Come sorgente di neutroni possono essere utilizzate soluzioni compatte già presenti sul mercato che consistono in piccoli acceleratori che sfruttano la reazione nucleare di fusione di deuterio-deuterio ($\text{D} + \text{D} \rightarrow \text{n} + {}^3\text{He}$) per produrre neutroni da 2,5 MeV oppure deuterio-trizio ($\text{D} + \text{T} \rightarrow \text{n} + {}^4\text{He}$) per produrre neutroni da 14,5 MeV. Attraverso poi materiali chiamati moderatori (come acqua, acqua pesante o grafite) o le collisioni dei neutroni stessi con il campione è possibile ridurre la velocità dei neutroni fino a termalizzarli (energie di circa 0,025 eV). L’impiego di queste tipologie di sorgenti (rispetto alla più comune sorgente ^{252}Cf) permette di poter creare un fascio pulsato, mentre il radioisotopo produce un flusso di neutroni continuo.

Mentre isotopi radioattivi pericolosi creano un flusso di neutroni continuo, il sistema basato sulle reazioni di cui sopra genera neutroni elettricamente in modo pulsato, permettendo al rivelatore dei raggi gamma di differenziare tra le interazioni neutrone-nucleo. Un impulso ad alta frequenza può essere ottenuto solo con una sorgente di neutroni elettrici.

Un sistema azionato elettricamente, garantisce il massimo livello di sicurezza, in cui l’emissione di neutroni può essere fermata potendo abbassare così l’esposizione dell’utente del sistema analitico. Una maggiore energia del neutrone porta una serie di vantaggi analitici. Il più importante è la capacità di analizzare anche il carbonio e l’ossigeno. Un’energia neutronica più elevata si traduce anche in un miglioramento complessivo della sensibilità. La capacità di gestire ampie variazioni di massa nella zona d’attivazione e l’indipendenza dalle dimensioni delle particelle sono alcuni vantaggi aggiunti di analizzatori basati su PFTNA.

Gli analizzatori chimici ad attivazione gamma di neutroni penetrano l’intera sezione trasversale della materia analizzata, fornendo una misura uniforme dell’intero materiale, non solo della sua superficie. Le tecnologie di analisi superficiale come XRF, LIBS, la diffrazione dei raggi X e altre tecnologie di analisi spettrale misurano profondità e superfici limitate che possono non essere rappresentative dell’intera quantità di materiale e necessitano di sensori multipli, ma hanno una precisione e un tempo di integrazione maggiore.

L'utilità delle tecniche di attivazione neutronica risiede in alcune caratteristiche peculiari che vengono elencate di seguito:

- Identificazione qualitativa simultanea di più elementi (posizione del picco nello spettro d'energia) ed inoltre la valutazione (almeno approssimativa) della quantità (area scalata del picco).
- Si tratta di una tecnica non distruttiva, che non richiede il contatto diretto con il campione o il prelievo di una porzione del campione, e pertanto il campione analizzato non viene danneggiato. Si evita anche una preparazione del campione con una relativa perdita di tempo.
- Non essendo una particella carica il neutrone può penetrare maggiormente all'interno del materiale bersaglio in quanto non risente della repulsione coulombiana. Tale caratteristica lo contraddistingue dalle tecniche di XRF, LIBS e delle immagini iperspettrali che effettuano invece una sola analisi superficiale.

Un problema dell'analisi dell'attivazione dei neutroni è rappresentata dal fatto che i neutroni emessi dalla sorgente di neutroni eccitano anche i materiali esterni al materiale da analizzare, che a loro volta generano raggi gamma che vengono rilevati dai rivelatori. Per contrastare questo fenomeno, all'interno del sistema di misura sono vantaggiosamente previste diverse schermature per catturare i neutroni, in modo che la radiazione dei neutroni colpisca preferibilmente solo il materiale da misurare e quindi non vengano generati "raggi gamma estranei" che contaminano i raggi gamma desiderati. I materiali di schermatura possono essere costituiti da materie plastiche dotati di veleni neutronici come il boro o il litio. La scelta dello spessore delle schermature permette di regolare l'attenuazione dei neutroni, per esempio di un fattore 8. È utile anche l'uso di rivestimenti in resina epossidica al litio o al boro. La descrizione del brevetto US 8,138,480 B2 insegna possibili schermature e soluzioni come determinare la composizione di materiale sfuso direttamente su nastri trasportatori.

La composizione chimica può essere espressa in rapporti di percentuali oppure, se esistono informazioni sulla portata del materiale, in valori assoluti, indicando valori massivi, molari, o ponderali.

In letteratura è possibile trovare stime sui limiti di concentrazioni dei vari elementi della tavola periodica misurabili con tale tecnologia analizzando il campione per alcuni minuti, per esempio 10 minuti. Per nichel sono riportati livelli di rilevamento $< 0,01 \%$, per ferro, cromo, rame e

zolfo di 0,01 – 0,1 %, per alluminio e silicio di 0,1 – 0,3 % e per molibdeno 0,3 – 1 %, mentre si trova per lo stagno un valore di 3 – 10% considerando un tempo di misurazione di 10 min. Gli elementi di maggior interesse nell'analisi del rottame presentano quindi in generale un buon livello di rivelabilità.

- 5 Il sistema secondo l'invenzione fornisce informazioni sulla composizione qualitativa e quantitativa del rottame, garantendo un principale vantaggio:

La composizione chimica misurata, confrontata con i limiti normativi, può provare che il materiale in ingresso supera o non supera i contenuti previsti dalla relativa normativa comunitaria, permettendo la classificazione del materiale anche ai fini di comporre miscele di
10 diverse frazioni di rottame per il forno fusorio o un convertitore ad ossigeno per il processo *Linz-Donawitz*. Si ottiene quindi un mezzo per poter modificare il materiale in cesta per regolare e correggere attraverso diluizione il contenuto in metalli e non metalli.

Un secondo aspetto dell'invenzione riguarda un metodo per la classificazione di rottame che comprende le seguenti fasi:

- 15 (I) cesoiatura del rottame;
(II) analisi della composizione chimica del materiale cesoiato; e
(III) suddivisione del materiale analizzato in frazioni a seconda della composizione chimica determinata nella fase (II).

Vantaggiosamente, la suddivisione nella fase (III) avviene con la rispettiva gestione di mezzi
20 di trasporto di scarico che creano frazioni diverse di rottame cesoiato a seconda della composizione chimica determinata e – se determinata – in base alla portata; altrimenti è possibile suddividere il materiale trasportato in sezioni che corrispondono a determinati periodi di avanzamento dei mezzi di trasporto.

L'analisi avviene preferibilmente con metodi XRF, LIBS o per attivazione neutronica, come
25 sopra esposto per l'impianto secondo l'invenzione, e preferibilmente durante il suo trasporto.

Vantaggiosamente, se il rottame entrante è di dimensioni e pesi ridotte, tra la fase (I) e la fase (II) avviene una separazione magnetica del materiale cesoiato per suddividerlo in una frazione magnetica e una frazione non magnetica e nella fase (II) si analizza soltanto la frazione magnetica, mentre la frazione non magnetica viene scartata. In questo modo gran parte del
30 materiale puramente non ferroso viene scartato. In base a informazioni sulle dimensioni e peso del rottame, che possono essere ottenute da relative pesature o controlli visivi, ad esempio con

fotocamere, è possibile dirigere il materiale cesoiato verso un percorso che prevede la separazione magnetica oppure verso un percorso di bypassaggio.

Preferibilmente, le frazioni create durante il metodo accumulando all'interno di esse sempre porzioni di rottame cesoiato di simile composizione chimica comprendono diverse quantità di ferro e/o di elementi non desiderati, come il rame, nell'acciaio.

Preferibilmente, il materiale prima della sua analisi viene sottoposto a vibrazione e in particolare anche al trasporto inclinato e con determinate velocità per adattarlo alle esigenze dell'analizzatore, in particolare per reagire ai tempi di misurazione necessari, preferibilmente in un impianto secondo l'invenzione. Di aiuto a tal proposito è anche la combinazione di diversi convogliatori di determinate lunghezze.

Con l'impianto e metodo per la classificazione di rottame secondo l'invenzione è possibile determinare la composizione chimica di grandi quantità di materiale sfuso, nell'ordine di decine di tonnellate in breve tempo nell'ordine di qualche minuto per poterlo classificare e separarlo. Preferibilmente, l'analisi avviene lungo i mezzi di trasporto che asportano il rottame cesoiato dalla cesoia. In una variante preferita dell'invenzione, la suddivisione nella fase (III) avviene dirigendo un mezzo di trasporto a valle dell'analizzatore in modo tale che deponga porzioni di rottame cesoiato di composizione chimica uguale o almeno simile nella stessa frazione. A tal proposito è utile impiegare nastri trasportatori radiali oppure multipli a più nastri trasportatori a doppia via oppure scivoli orientabili.

Le caratteristiche e vantaggi descritti per un aspetto dell'invenzione possono essere trasferite *mutatis mutandis* all'altro aspetto dell'invenzione.

L'applicabilità industriale è ovvia dal momento in cui diventa possibile la classificazione del rottame cesoiato secondo aspetti normativi basata, per esempio, sul contenuto in ferro e/o elementi *tramp* o di traccia, in particolare del rame e conseguentemente la gestione mirata della composizione in cesta destinata ad un uso in un forno fusorio o simile.

Gli scopi e i vantaggi detti verranno ulteriormente evidenziati nella descrizione di preferiti esempi di esecuzione dell'invenzione data a titolo indicativo, ma non limitativo.

Varianti e ulteriori caratteristiche dell'invenzione sono oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

La descrizione dei preferiti esempi di esecuzione dell'impianto e metodo per la classificazione di rottame secondo l'invenzione viene data a titolo esemplificativo e non limitativo con riferimento agli allegati disegni. In particolare possono variare, ove non specificato

diversamente, numero, forma, dimensioni e materiali dell'impianto e dei singoli componenti e trovare applicazione elementi equivalenti senza deviare dal concetto inventivo.

DESCRIZIONE DI PREFERITI ESEMPI DI ESECUZIONE

- 5 La fig. 1 illustra in uno schema a blocchi il concetto di un impianto per la classificazione di rottame secondo l'invenzione.
- La fig. 2 illustra una variante di mezzi di trasporto a valle della cesoia per suddividere fisicamente le diverse frazioni del materiale cesoiato e analizzato.
- 10 La fig. 3 illustra una forma esecutiva dettagliata di un impianto per la classificazione di rottame secondo l'invenzione, sopra in una vista laterale e sotto in una vista dall'alto.
- La fig. 4 illustra l'analizzatore collocato sui mezzi di trasporto come da figura 3.
- La fig. 5 illustra in un diagramma a blocchi una forma esecutiva di un metodo per la classificazione di rottame secondo l'invenzione.

15

Nella figura 1 viene presentata in uno schema a blocchi il concetto di un impianto per la classificazione di rottame secondo l'invenzione. Una cesoia ad esempio orizzontale **10** comprende un cassone **12** che è caricabile, seguendo la freccia **a**, con rottame tramite un dispositivo **14**, per esempio una gru. La cesoia **10** prevede dispositivi di spinta **16** per avanzare
 20 il rottame (non rappresentato) verso il dispositivo di taglio **18** all'uscita della cesoia **10**. In alternativa è possibile utilizzare anche una cesoia inclinata secondo quanto descritto precedentemente. Il materiale cesoiato (non rappresentato) lascia la cesoia **10** sul nastro trasportatore **20** verso un tamburo magnetico **22** per la separazione magnetica del materiale. Il materiale non magnetico separato viene deviato dall'impianto su un nastro trasportatore **24**,
 25 mentre il materiale magnetico prosegue nella direzione di flusso **b** del materiale su un ulteriore nastro trasportatore **26** che è dotato di un analizzatore **28** che analizza la composizione chimica del materiale direttamente sul nastro **26**.

Il tamburo magnetico **22** attira a sé i rottami ferromagnetici, rovesciandoli poi in uno scivolo (non rappresentato) dal lato opposto al tamburo magnetico e indirizzandoli al nastro **26**. I
 30 materiali non magnetici, non venendo attratti dal tamburo **22**, cadono invece dal tappeto di

trasporto e vanno a finire in una tramoggia (non rappresentata) culminante in un secondo tappeto di trasporto **24** atto al loro invio ad un apposito mucchio da non utilizzare in fusione.

Un'unità di controllo ad esempio collocata nell'analizzatore stesso, in base ai dati ricevuti dall'analizzatore, individua il tipo di rottame attualmente presente sul nastro in una determinata
5 sezione e lo classifica in relative frazioni **F1** e **F2**. A seconda del tipo di frazione rilevato, l'unità di controllo comanda il nastro trasportatore **26** di cambiare la sua posizione (tra la posizione indicata con linee continue e la posizione con linee tratteggiate) seguendo la freccia **c**, per depositare il materiale in arrivo sul mucchio che corrisponde alla frazione **F1**, **F2** determinata. Questo è un sistema molto semplificato che unisce mezzi di trasporto e sistema di scarico in un
10 convogliatore radiale, che possono ovviamente essere realizzato in modo tale che i mezzi di trasporto siano seguiti da un sistema di scarico.

La fig. 2 illustra una variante di mezzi di trasporto e sistema di scarico a valle della cesoia per suddividere fisicamente le diverse frazioni (da **F1** a **F4**) del materiale cesoiato e analizzato che
15 sostituisce il nastro **26** della figura 1 (ma comprende altrettanto un analizzatore non rappresentato). Un'unità di controllo (non rappresentata) dirige in questo caso materiale cesoiato e analizzato **30** in arrivo su un nastro trasportatore inclinato **32** non girevole, quando è stato appoggiato (freccia **x**) sul nastro trasportatore a due vie **34** mediante la scelta della direzione d'avanzamento del nastro **34**, a seconda della composizione chimica del materiale **30**, sul seguente nastro a due vie **36** oppure **38** (freccie **y1** e **y2**), da dove il materiale viene, sempre
20 impostando la relativa direzione di movimento del rispettivo nastro **36**, **38**, indirizzato al rispettivo mucchio contenente le frazioni da **F1** a **F4** (freccie **z1**, **z2**, **z3**, **z4**). Il criterio per determinare l'appartenenza a una o l'altra frazione, può essere il contenuto in ferro e/o la presenza di elementi (non desiderati).

Nell'esposizione dell'invenzione si trovano dettagli relativamente a cesoie idonee, mezzi di
25 trasporto idonei, separatori magnetici utilizzabili. Anche il modo di caricare la cesoia può variare come sopra descritto, come ovviamente anche il numero di frazioni. Ipotezzabile è anche di non depositare il materiale frazionato nel parco rottame, ma di trasportarlo direttamente in impianti diversi dove viene utilizzato (p. es. un forno fusorio) oppure caricarlo su un vagone o camion per trasportarlo altrove. I mezzi di trasporto possono essere composti di vari tipi di
30 convogliatori e comprendere vantaggiosamente anche alimentatori vibranti o simili.

La fig. 3 illustra una forma esecutiva preferita dell'impianto per la classificazione di rottame

che prevede una cesoia **110** del tipo inclinato, seguita da un tavolo vibrante **109** per omogeneizzare il materiale cesoiato e prepararlo alla separazione magnetica nel seguente tamburo magnetico **122** a magneti permanente (p. es. con un diametro di 1220 mm e una larghezza di 2.100 mm). Il materiale non ferroso viene asportato da un convogliatore **124**. A
5 valle del tamburo **122** è disposto un convogliatore radiale **126** per trasportare il materiale ferroso all'analizzatore oppure depositarlo sul terreno, a seconda della posizione assunta con una rotazione in direzione della freccia **y**. Dal convogliatore radiali **126** il materiale ferroso cade su un primo alimentatore vibrante **140** e da lì su un secondo alimentatore vibrante **142** che riducono ulteriormente l'altezza del materiale e omogenizzano la sua distribuzione. Segue un
10 convogliatore **144** che trasporta il materiale a un convogliatore inclinato **146** dotato dell'analizzatore **128** che determina *on-line* la composizione del materiale. Dopo il passaggio dell'analizzatore **128**, il materiale analizzato cade su un convogliatore **148** veloce che deposita il materiale per gravità su uno scivolo orientabile **150** che in base ai valori ricevuti dall'unità di controllo dell'analizzatore **128** versa il materiale suddiviso per concentrazioni diversi di
15 determinati metalli, in particolare di rame, in contenitori **152** diversi. Le lunghezze dei convogliatori e alimentatori possono variare da pochi metri, per esempio per il primo alimentatore ca. 2,75 metri a 20 metri per il convogliatore veloce. Le lunghezze vengono scelte dall'esperto in base alle tempistiche e gradi di uniformità del materiale richiesti dall'analizzatore. La velocità regolabile dei mezzi di trasporto, la loro inclinazione e la pesatura
20 del materiale trasportato aiutano inoltre ad ottimizzare i tempi per l'analisi.

La fig. 4 illustra l'analizzatore **128** collocato sui mezzi di trasporto **146** che trasporta il materiale ferroso **145** come da figura 3. Un telaio **129** supporta una fonte di neutroni **170** che emette neutroni (freccie **x**) che penetrano nel materiale ferroso **145** che a sua volta emette dei raggi (freccie **y**) che vengono rilevati dai rivelatori **172** e analizzati nell'unità di controllo
25 dell'analizzatore.

I contenitori **152** possono essere mobili, vantaggiosamente posizionati su tavole di pesatura. I contenitori così riempiti sono ben definiti in termini di composizione chimica e di peso e possono essere inviati ai corrispondenti cesti per alimentare i forni fusori.

Nella disposizione dei contenitori nella figura 3 è ad esempio possibile ottenere frazioni di rame
30 con $> 0,30 \%$ (m/m), $0,20 - 0,30 \%$ (m/m) e con $< 0,20 \%$ (m/m) di rame. Il sistema di analisi integra la concentrazione dell'elemento rilevato puntualmente fornendo la concentrazione

totale media per ogni contenitore fissata entro i limiti desiderati.

La fig. 5, infine, illustra in un diagramma a blocchi una forma esecutiva di un metodo per la classificazione di rottame secondo l'invenzione. La fase della cesoiatura **100** del rottame è seguita da una separazione magnetica **101** del materiale cesoiato separando dal flusso di materiale principale **b₁** il materiale non magnetico **103** (freccia **b₂**). I materiali magnetici **105** proseguono invece per essere analizzati relativamente alla loro composizione chimica **107**. I dati rilevati raggiungono (freccia **v**) un'unità di controllo **109** che determina l'appartenenza del materiale analizzato a una rispettiva frazione e comanda i mezzi di trasporto **111** che sono stati alimentati lungo la direzione di flusso principale **b₁** in modo che indirizzino il materiale (flussi **b_z**) a diversi mucchi corrispondenti a frazioni diverse **F1, F2, F3, F4**. A tal proposito possono essere utili nastri trasportatori girevoli (come da figura 1) o nastri trasportatori multipli a doppia via (come da figura 2) o scivoli orientabili come da figura 3 o altri mezzi equivalenti. La persona esperta del ramo potrà individuare altre soluzioni per scaricare e separare il materiale.

In fase esecutiva, all'impianto e metodo per la classificazione di rottame oggetto dell'invenzione, potranno essere aggiunte parti e/o apportate ulteriori modifiche o varianti esecutive non descritte senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione. Qualora tali modifiche o tali varianti dovessero rientrare nell'ambito delle rivendicazioni che seguono, si dovranno ritenere tutte protette dal presente brevetto. In pratica i materiali impiegati, nonché le dimensioni, i numeri e le forme purché compatibili con l'uso specifico e ove non diversamente specificato, potranno essere qualsiasi, a seconda delle esigenze. Sebbene il presente trovato sia stato descritto con riferimento ad esempi specifici, una persona esperta del ramo potrà senz'altro realizzare molte altre forme equivalenti di sistema e metodo di analisi, aventi le caratteristiche espresse nelle rivendicazioni e quindi tutte rientranti nell'ambito di protezione da esse definito. L'invenzione ha raggiunto lo scopo di proporre un impianto e un metodo efficace per classificare il rottame uscente da una cesoia in modo da ottenere frazioni separate per determinati criteri della loro composizione chimica permettendo, tra l'altro, una realizzazione ottimizzata e mirata di miscele di rottame per ceste di forni fusori, in particolare relativamente al contenuto in rame, che permette di individuare porzioni maggiori a basso contenuto in rame.

RIVENDICAZIONI

1) Impianto per la classificazione di rottame a seconda della sua composizione chimica contenente:

- 5 (a) una cesoia (10; 110) atta a tagliare rottame;
 (b) a valle della cesoia (10; 110) un analizzatore (28; 128) della composizione chimica del materiale cesoiato (145);
 (c) mezzi di trasporto (20, 26; 126, 140, 142, 144, 146, 148) per trasportare detto materiale cesoiato (145) a detto analizzatore (28; 128); e
10 (d) un sistema di scarico (26; 32, 34, 36, 38; 150) atto a suddividere il materiale analizzato (30; 145) a seconda della sua composizione chimica determinata da detto analizzatore (28; 128).

2) Impianto per la classificazione di rottame secondo la rivendicazione 1, **caratterizzato dal**
15 **fatto** che tra detta cesoia (10; 110) e detto analizzatore (28; 128) è disposto

- (e) un separatore magnetico (22; 122) per suddividere il materiale cesoiato in materiale magnetico e materiale non magnetico;

e **dal fatto che** detti mezzi di trasporto comprendono

- 20 (c-1) primi mezzi di trasporto (20; 111) per trasportare il materiale cesoiato da detta cesoia a detto separatore magnetico; e
 (c-2) secondi mezzi di trasporto (26; 126, 140, 142, 144, 146) per trasportare almeno il materiale magnetico da detto separatore magnetico (22; 122) a detto analizzatore (28; 128).

25 3) Impianto per la classificazione di rottame secondo la rivendicazione 2, **caratterizzato dal fatto** di comprendere terzi mezzi di trasporto atti a trasportare il materiale cesoiato direttamente a detto analizzatore (28; 128) bypassando detto separatore magnetico (22; 122) oppure mezzi per spostare il separatore magnetico dal flusso di processo e uno scivolo o simile atto a prendere il posto del separatore magnetico per chiudere il percorso del materiale.

4) Impianto per la classificazione di rottame secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, **caratterizzato dal fatto** che detto analizzatore (28; 128) è un analizzatore XRF, un analizzatore LIBS oppure un analizzatore per attivazione neutronica, preferibilmente un analizzatore per attivazione neutronica, in particolare un sistema PGNA.

5

5) Impianto per la classificazione di rottame secondo la rivendicazione 4, **caratterizzato dal fatto** che detto analizzatore (28; 128) è situato su detti mezzi di trasporto (26; 146).

6) Impianto per la classificazione di rottame secondo la rivendicazione 5, **caratterizzato dal fatto** che detti mezzi di trasporto comprendono a monte di detto analizzatore (28; 128) dei dispositivi (109, 140, 142) atti a omogeneizzare il flusso di materiale e/o ridurre l'altezza del materiale cesoiato, in particolare tavoli o alimentatori vibranti.

7) Impianto per la classificazione di rottame secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, **caratterizzato dal fatto** che detto sistema di scarico per suddividere il materiale analizzato a seconda della sua composizione chimica determinata da detto analizzatore è un mezzo di trasporto scelto tra un nastro trasportatore radiale (26), un nastro trasportatore multiplo con una pluralità di nastri trasportatori a doppia via (32, 34, 36, 38) o uno scivolo orientabile (150).

20

8) Metodo per la classificazione di rottame comprendente le seguenti fasi:

(I) cesoiatura del rottame (100);

(II) analisi della composizione chimica del materiale cesoiato (107) preferibilmente durante il suo trasporto; e

(III) suddivisione (111) del materiale analizzato in frazioni (F1, F2, F3, F4) a seconda della composizione chimica determinata nella fase (II), preferibilmente con l'aiuto di mezzi di trasporto.

9) Metodo per la classificazione di rottame secondo la rivendicazione 8, **caratterizzato dal fatto** che tra la fase (I) e la fase (II) avviene una separazione magnetica (101) del materiale cesoiato per suddividerlo in una frazione magnetica (105) e una frazione non magnetica (103)

30

e **dal fatto** che nella fase (II) si analizza soltanto la frazione magnetica (105), mentre la frazione non magnetica viene scartata (103).

10) Metodo per la classificazione di rottame secondo una delle rivendicazioni 8 o 9,
5 **caratterizzato dal fatto** che il trasporto del materiale cesoiato all'analizzatore prevede l'omogeneizzazione del materiale cesoiato e/o la riduzione della sua altezza sui mezzi di trasporto, preferibilmente tramite vibrazione.

11) Metodo per la classificazione di rottame secondo una delle rivendicazioni da 8 a 10,
10 **caratterizzato dal fatto** che le frazioni (F1, F2, F3, F4) comprendono diverse quantità di ferro e/o di elementi non desiderati nell'acciaio, in particolare diverse quantità di rame.

Per incarico - Il Mandatario Vera Ute Barbara Munchow (N° iscr. 1399B)

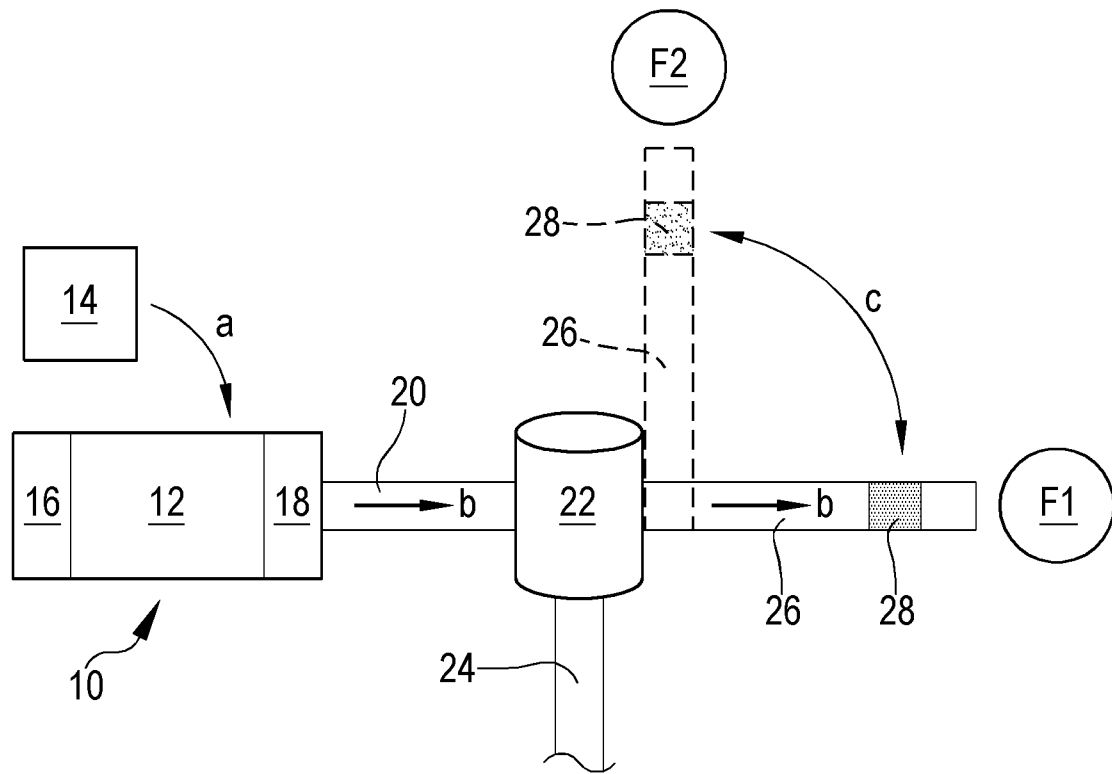


FIG.1

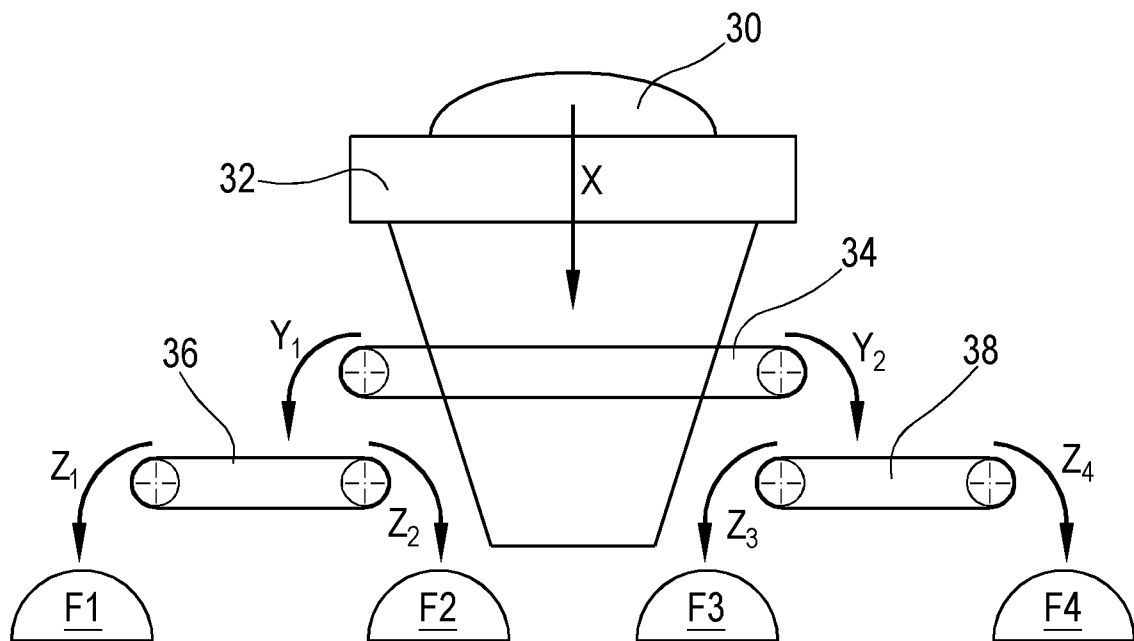


FIG.2

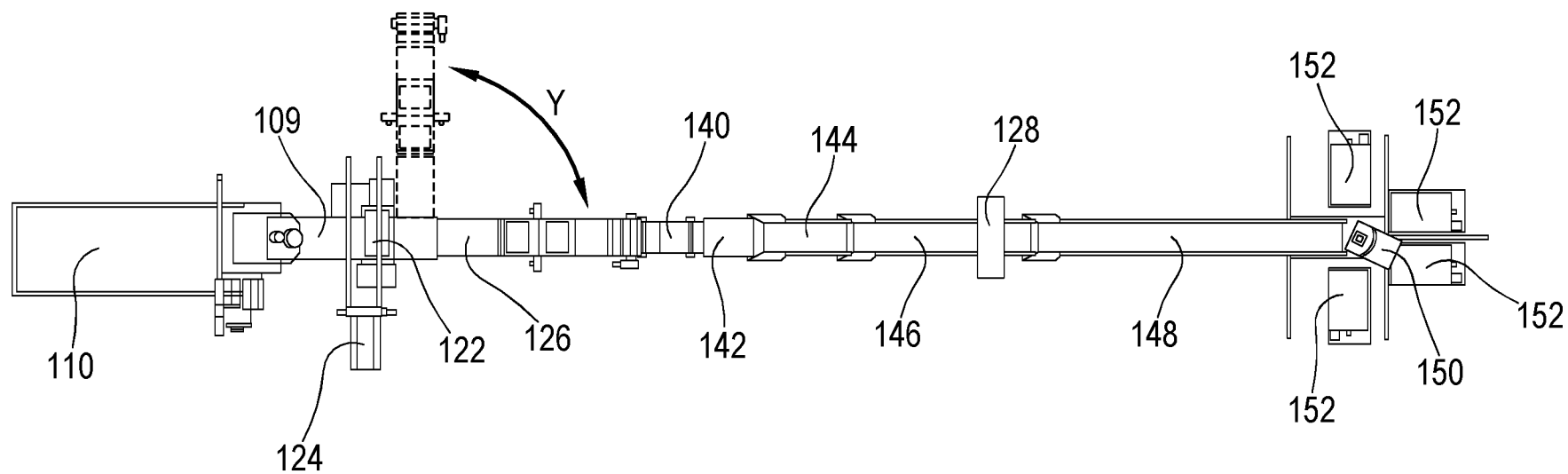
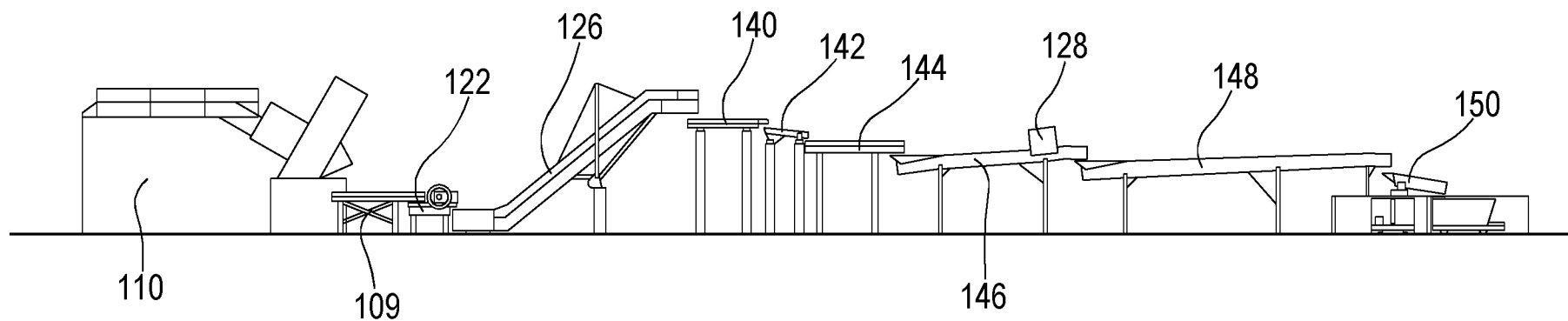


FIG.3

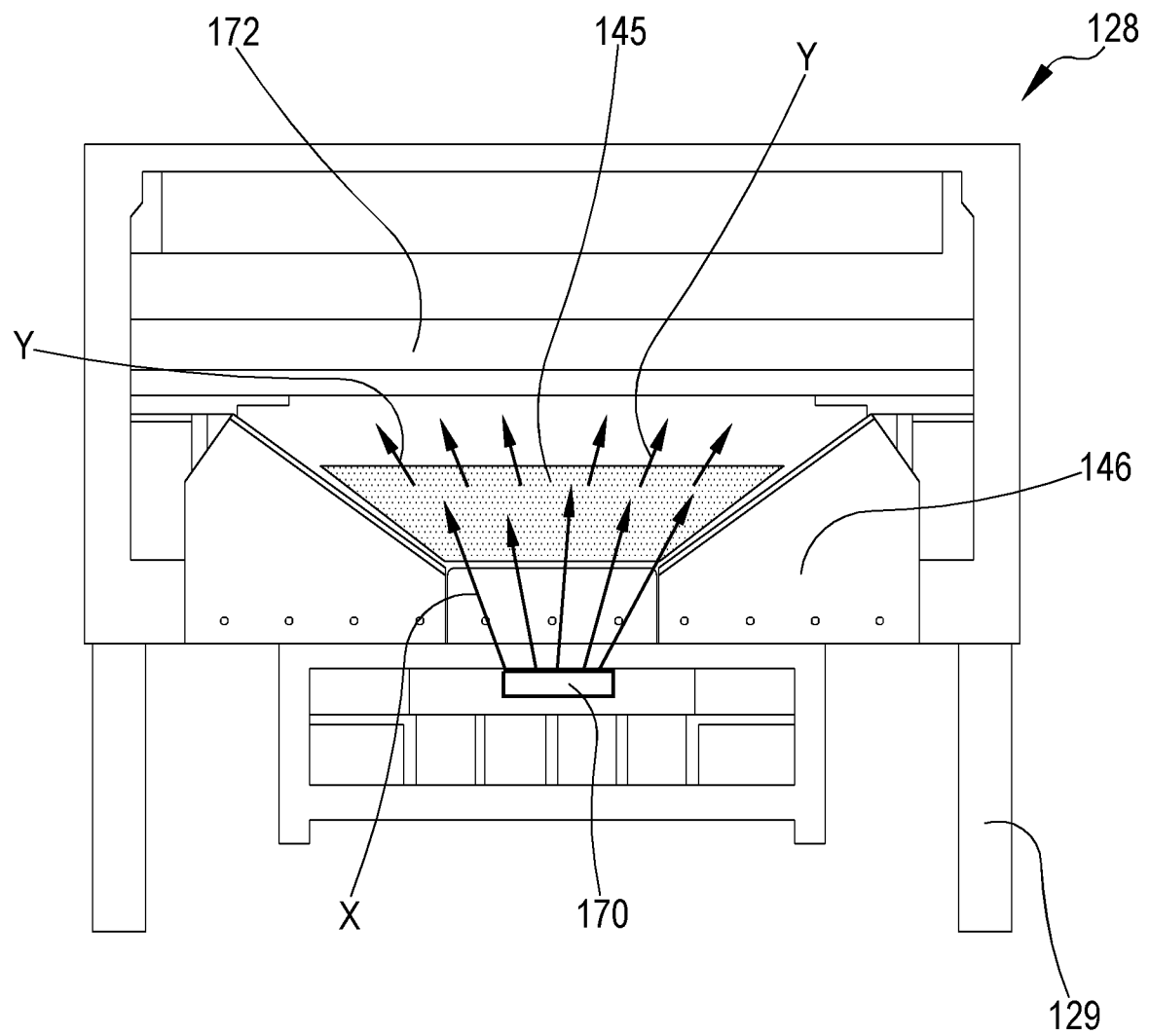


FIG.4

FIG.5

