

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902047575A1

Publication Date

20131104

Applicant

SASIL S.P.A.

Title

METODO ED APPARECCHIATURE PER IL RICUPERO DEGLI SCARTI
DEGLI IMPIANTI PER LA PRODUZIONE DI FIBRA CONTINUA E PER IL
RICICLO DIRETTO DEL VETRO OTTENUTO.

DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE INDUSTRIALE DAL TITOLO:
"Metodo ed apparecchiature per il ricupero degli
scarti degli impianti per la produzione di fibra
continua e per il riciclo diretto del vetro
ottenuto"

Di: SASIL S.p.A., nazionalità italiana, Via Liber-
tà, 8, 13862 Brusnengo (Biella)

Inventori designati: Pietro ERCOLE, Lodovico RAMON

Depositata il: 4 maggio 2012

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un pro-
cedimento per il trattamento di scarti di filato di
fibra di vetro continua, comprendente le fasi di

sminuzzare detti scarti in modo tale da otte-
nere pezzi di fibra sminuzzati aventi una pezzatura
prestabilita;

alimentare in modo continuo una carica di pez-
zi di fibra sminuzzati ad un trattamento termico; e

nell'ambito di detto trattamento termico, ri-
scaldare detta carica di pezzi di fibra sminuzzati
in modo tale da provocare, in successione,
l'eliminazione di un eventuale contenuto di umidi-
tà, l'evaporazione di componenti volatili di un ri-
vestimento organico della fibra continua, e la com-

bustione di componenti residuali del rivestimento organico.

Negli ultimi 60 anni più o meno tutte le aziende impegnate nella produzione di fibra in filamento continuo hanno cercato di risolvere il problema del ricupero, del reimpiego e/o del riciclo al forno primario della fibra e/o dei materiali semilavorati ottenuti dalle seconde lavorazioni della fibra stessa che per diverse ragioni vengono scartate nel corso della lavorazione.

Il vetro maggiormente utilizzato in Europa per ottenere fibra continua è il tipo E, la cui composizione è in evoluzione sia per migliorarne le caratteristiche fisiche e la lavorabilità, sia per contenere l'incidenza delle materie prime sul costo unitario del prodotto. Il vetro uscente in continuo dal forno viene alimentato ad un avanforno che lo condiziona omogeneamente ad una temperatura ben definita e, di qui, viene mandato alle filiere ciascuna delle quali è dotata di centinaia di fori calibrati attraverso i quali escono le fibre. Le filiere sono continuamente riscaldate per mezzo di resistenze elettriche per mantenere costante la viscosità del vetro ad un valore che consenta di avere un flusso costante per ciascun foro. Il diametro della fibra continua viene ottenuto regolando il

traino dei filamenti ad una velocità compresa fra 5 e 70 m/secondo che, ovviamente, viene scelta in funzione del diametro delle fibre che si vuole ottenere e che è compreso nell'intervallo 5 - 24 millicron. A valle delle filiere, le fibre dopo il raffreddamento con acqua nebulizzata per indurirle e fissarne le caratteristiche geometriche, vengono trasportate su un nastro a rulli sul quale, per mezzo di alettature e della spruzzatura continua con acqua, il raffreddamento viene completato. Subito dopo, le fibre vengono rivestite con polimeri organici che, da un canto, hanno una funzione legante e, dall'altro, proteggono dalle abrasioni che le fibre subirebbero sfregandosi l'una con l'altra nelle fasi successive del processo. È opportuno infine precisare, a questo proposito, che le composizioni dei rivestimenti variano in funzione del tipo di applicazione al quale le fibre di vetro vengono destinate. I componenti presenti possono essere: formatori di film quali vinilacetato, poliuretano, resine epossidiche; agenti che favoriscono l'accoppiamento con il vetro quali silani; agenti che modificano il pH del mezzo quali acido acetico, acido cloridrico, sali di ammonio; e lubrificanti quali oli minerali e tensioattivi. I filamenti sono, poi, assemblati in fasci che vengono avviati

alle successive fasi. A questo punto del processo, il contenuto di leganti organici delle fibre lunghe ha già raggiunto livelli compresi fra lo 0,5 e l'1,5%. È perciò chiaro che, a seconda della posizione del ciclo primario, in cui la fibra continua viene scartata, come tale e/o come semilavorato, il tenore di sostanze organiche ancorate sulla sua superficie può variare sia in quantità che in tipo di sostanze e che per la presenza di prodotti organici gli scarti non possono essere direttamente riciclati al forno. Inoltre, i trattamenti suddetti vengono fatti allo scopo di assicurare un'ottima adesione delle resine che verranno successivamente utilizzate per ottenere i materiali compositi il cui impiego sta crescendo in modo notevole. Deve ancora essere precisato che l'impiego finale più importante dei fasci di fibra a filamento continuo è il settore dei materiali compositi che produce manufatti per diversi impieghi che sfruttano le ottime caratteristiche di resistenza meccanica delle fibre stesse. Ogni impiego ricorre, in funzione delle sue esigenze tecniche, a resine diverse (termoplastiche e/o termoindurenti) in rapporti molto elevati rispetto alla fibra di vetro presente.

In conclusione, quindi, la necessità sempre più pressante di recuperare il vetro presente negli

scarti del processo primario per ottenere vetro e-
sente o quasi da sostanze organiche da riciclare al
forno primario e/o fibre di ricupero impiegabili
per la produzione di manufatti di minore valore
commerciale e le nuove legislazioni che impongono
il ricupero ed il reimpiego dei materiali contenuti
nei manufatti alla fine della loro vita hanno, ne-
gli ultimi 10 anni, alimentato gli studi di nuovi
processi per il ricupero della fibra lunga contenu-
ta negli scarti del processo primario ed anche di
quella recuperabile dalla demolizione di vari tipi
di manufatti in materiali compositi, come ad esem-
pio le turbine per generare energia elettrica eoli-
ca. La necessità di studiare nuovi processi per il
ricupero della fibra lunga contenuta negli scarti
del processo primario diviene sempre più importante
se si tiene conto del fatto che la produzione di
fibra lunga è da diversi anni, in tutto il mondo,
in crescita mediamente dell'8% all'anno mentre la
percentuale degli scarti di produzione rispetto al-
la fibra prodotta continua ad essere dell'ordine
del 15 - 20% ed, inoltre, che l'incremento della
produzione energetica da fonti rinnovabili sta cre-
ando, solo in Europa, alcune centinaia di migliaia
di ton/anno di materiale composito a fine vita che
dovranno essere lavorate per recuperare il vetro

che contengono.

Un procedimento del tipo definito all'inizio è oggetto del brevetto US 4145202, che descrive la lavorazione degli scarti di fibra continua e di altri semilavorati che si ottengono durante la produzione della fibra lunga al fine di ottenere un materiale riciclabile al forno primario e ridurre, così, i costi di produzione. Il metodo prevede una serie di tre trattamenti termici controllati finalizzati ad essiccare il materiale, ad allontanare, per evaporazione, i prodotti organici volatili ed, in fine, ad incenerire le sostanze organiche residue. Il terzo trattamento deve essere condotto ad una temperatura inferiore al punto di rammollimento della fibra di vetro.

Nel processo sopra indicato ed in altri metodi noti l'operare al di sotto del punto di rammollimento della fibra ha senso perché, da un canto, il comburente, per bruciare le sostanze organiche, deve raggiungere tutta la superficie della fibra, e ciò non può avvenire se quella sottostante è protetta da uno strato di vetro semifuso, e, dall'altro, i prodotti del cracking dei polimeri organici, che si formano in assenza di comburente, non possono, per lo stesso motivo, essere evacuati. Effettuando il trattamento termico ad una tempera-

tura inferiore al punto di rammollimento della fibra, gli interstizi nella fibra non deformata consentono, quindi, al comburente di interessare anche il materiale sottostante e di completare la combustione delle sostanze organiche. Inoltre, a questa temperatura, il rischio di perdere una parte dell'anidride borica (B_2O_3) volatile, già diminuito per effetto della riduzione del contenuto nel vetro dal 10% massimo adottato un tempo a meno del 5% attuale, è, obbiettivamente, quasi del tutto annullato.

Tuttavia, il fatto di operare a temperature relativamente basse non garantisce che vengano eliminati i polimeri più termoresistenti.

Uno scopo della presente invenzione è pertanto un procedimento per il trattamento di scarti di filato di fibra di vetro continua che permetta di eliminare tutti i polimeri organici che possono essere presenti in tali scarti.

Forma pertanto oggetto dell'invenzione un procedimento per il trattamento di scarti di filato di fibra di vetro continua del tipo definito all'inizio, in cui

detta carica di pezzi di fibra sminuzzati è alimentata al trattamento termico come nastro di materiale, lo spessore di detto nastro di materiale

in ingresso al trattamento termico essendo controllato in modo da avere un valore massimo prestabilito;

almeno la combustione di componenti residuali del rivestimento organico ha luogo in un forno a tunnel comprendente una pluralità di sorgenti di calore disposte almeno al disopra ed al disotto di detto nastro di materiale; e

durante il trattamento termico la carica di pezzi di fibra sminuzzati avanza in modo continuo, e viene portata in modo progressivamente crescente da una temperatura di partenza ad una temperatura finale di riscaldamento superiore al punto di ramollimento della fibra di vetro.

Il metodo oggetto della presente invenzione supera sia il problema della presenza, al di sotto dello strato semifuso, del comburente indispensabile per la combustione dei polimeri organici sia quello della perdita di B_2O_3 . Lo strato di materiale caricato in modo omogeneo e con lo spessore desiderato sulla superficie del nastro trasportatore che percorre il forno è saturo di aria in quantità sufficiente per far avvenire la combustione delle sostanze organiche presenti; allo stesso tempo, il processo combustivo non è ostacolato dalla fusione della fibra di vetro, per i motivi che verranno

spiegati nel seguito. Il metodo secondo l'invenzione consente pertanto di operare, alla fine del ciclo di trattamento termico, al di sopra del punto di rammollimento della fibra (500 °C) e di attraversare, quindi, temperature superiori (da 500 a 900 °C) alle quali i polimeri più termoresistenti vengono distrutti per pirolisi od incenerimento e di aggredire, in ultima analisi, tutti i polimeri organici che possono essere presenti negli scarti del processo primario di produzione della fibra lunga.

Forme di realizzazione preferite dell'invenzione sono definite nelle rivendicazioni dipendenti, che sono da intendersi come parte integrante della presente descrizione.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi del procedimento secondo l'invenzione diverranno più chiari con la seguente descrizione dettagliata di una forma di realizzazione del trovato, fatta con riferimento ai disegni allegati, forniti a titolo puramente illustrativo e non limitativo, in cui

la figura 1 è lo schema di una prima parte di un impianto per l'attuazione del procedimento secondo l'invenzione - lavaggio e drenaggio dell'acqua e delle sostanze organiche con essa emulsionate;

la figura 2 è lo schema di una seconda parte di un impianto per l'attuazione del procedimento secondo l'invenzione - preparazione della fibra lunga e dei semilavorati che prevede la riduzione della lunghezza ad una lunghezza prestabilita e l'eliminazione dei metalli magnetici eventualmente presenti;

la figura 3 è lo schema di una terza parte di un impianto per l'attuazione del procedimento secondo l'invenzione - distribuzione omogenea della fibra accorciata e liberata dai metalli magnetici sul nastro trasportatore in acciaio refrattario e per la formazione di un tappeto di fibra caratterizzato dallo spessore omogeneo voluto;

la figura 4 è lo schema di una quarta parte di un impianto per l'attuazione del procedimento secondo l'invenzione - trattamento termico del materiale che prevede, nella parte iniziale, una fase opzionale di essiccamento del materiale prima del suo ingresso nel forno per il trattamento in tre fasi successive; e

la figura 5 è lo schema di una quinta parte di un impianto per l'attuazione del procedimento secondo l'invenzione - frantumazione del vetro sintetizzato uscente dal ciclo termico e per la sua successiva macinazione in una cilindraia ad alta com-

pressione per ridurlo in una polvere che viene classificata in un separatore a vento che garantisce al prodotto finito un livello di finezza molto alto.

La presente invenzione propone un metodo per recuperare e riciclare al forno primario per la produzione di fibra continua la svariata serie di filati vetrosi scartati nel corso della sua produzione. Tali scarti di filato di fibra di vetro continua possono essere costituiti da spezzoni di filo di fibra di vetro continua e/o da semilavorati contenenti fibra di vetro continua, quali ad esempio fibra di vetro continua assemblata in matasse, stoffe o tele. Tali materiali sono inquinati per la presenza di prodotti organici di varia natura, in misura fortemente differenziata a seconda della sezione del processo in cui avviene lo scarto. I composti organici che possono essere presenti sono: appretti, vinilacetati, poliuretani, resine epossidiche, silani organo-funzionali, resine poliestere in polvere, lubrificanti ecc. Inoltre, possono, contemporaneamente, essere presenti: metalli magnetici o non, materiali inorganici non fusibili, prevalentemente pietre e materiali refrattari ecc.

Secondo il trovato si ottiene un prodotto di ricupero esente da sostanze organiche riducenti,

privo dei metalli magnetici e non, e si riducono, mediante macinazione, le dimensioni del vetro recuperato e quindi esente da sostanze organiche, ad una pezzatura (preferibilmente < 45 micron) che permette il passaggio in soluzione dei refrattari durante l'elaborazione del vetro. Il prodotto ottenibile applicando i principi oggetto del trovato, in ultima analisi, può essere riciclato al forno primario per la produzione di fibra lunga in percentuali anche molto alte rispetto al vetro cavato (20 - 40%), senza minimamente alterare le caratteristiche chimico-fisiche del vetro prodotto, annullando, di fatto, la messa in discarica degli scarti di processo ed ottenendo un notevole aumento del rendimento di produzione, dell'ordine del 15%.

Secondo una forma preferita di attuazione dell'invenzione, il processo di valorizzazione, recupero e riciclo degli scarti include i seguenti trattamenti:

- lavaggio con acqua e successivo drenaggio dell'acqua e delle sostanze organiche con essa emulsionate al fine di ridurre il carico, nelle fasi successive;
- riduzione della lunghezza della fibra continua in pezzi aventi dimensioni prestabilite, pre-

- feribilmente comprese fra 5 e 10 cm, e successivo stoccaggio in tramoggia;
- separazione con macchine continue ad elevata efficienza dei metalli magnetici e non, da effettuare solo nel caso in cui il materiale di partenza contenga i suddetti prodotti estranei. Da tale tramoggia la fibra accorciata viene alimentata per mezzo di un nastro dosatore alle fasi successive del processo;
 - distribuzione del materiale su tutta la superficie di un nastro trasportatore in acciaio refrattario che attraversa il forno e controllo del suo spessore e della sua uniformità al livello voluto. I suddetti parametri sono mirati ad ottimizzare la penetrazione del calore e, soprattutto, l'omogeneità della temperatura in continuo aumento durante il trattamento termico;
 - trattamento termico della fibra accorciata nel tunnel riscaldato sia dal di sotto che dal di sopra con resistenze elettriche, durante il quale la temperatura è in continua crescita da 50 ad 850 - 900 °C e, successivamente nella fase terminale del trattamento, in continua riduzione, da 900 - 850 a 100 °C, ed il tempo di percorrenza complessivo all'interno del

tunnel stesso è regolabile in funzione del contenuto residuo di sostanze organiche del prodotto finito.

Nel corso delle sperimentazioni effettuate è stato sorprendente trovato che, effettuando il trattamento termico in modo da sollecitare il materiale al di sopra del punto di rammollimento della fibra, il basso coefficiente di trasmissione del calore non permette al materiale stesso di raggiungere la temperatura di rammollimento consentendogli, per ciò, di conservare la permeabilità sia del comburente in entrata che dei prodotti di combustione e di degradazione termica in uscita e, conseguentemente, di portare molto avanti il processo di demolizione per combustione e/o per incenerimento delle sostanze organiche.

Il materiale condotto dal nastro trasportatore con moto continuo regolabile e controllabile, si riscalda gradatamente nell'intervallo 25 - 900 °C e, successivamente nella fase terminale del trattamento, si raffredda da 900 a 100 °C.

Il materiale, lungo il percorso, nell'intervallo 100 - 140 °C, si essicca, tra 140 e 200 °C si libera, per evaporazione, delle sostanze organiche volatili, tra 140 e 400°C per combustione, dei polimeri più termolabili e, tra 400 e 600

°C, per incenerimento, di quelli termicamente più stabili.

Successivamente le resistenze superiori riscaldano il materiale ad una temperatura di 850 - 900 °C fondendolo in superficie e riducendo, così, la perdita per evaporazione dell'anidrite borica (B_2O_3), presente oggi nel vetro E a livelli inferiori a quelli adottati nel passato (< 5% invece che 10%).

L'essenzialità dell'invenzione sta nel fatto che questo modo di operare consente di conservare, da un canto, la penetrazione del comburente attraverso la struttura fibrosa e, dall'altro, l'efflusso dei prodotti provenienti dall'evaporazione, dalla combustione e dall'incenerimento o pirolisi.

Un'interessante opzione del processo consiste nel sostenere la prima fase del trattamento termico (essiccamento del materiale ad una temperatura compresa fra 100 e 140 °C) utilizzando il calore potenziale contenuto dei fumi prodotti nelle fasi di combustione e di incenerimento delle sostanze organiche ed effettuandone il completamento della combustione per mezzo di un bruciatore alimentato anche con gas naturale nella quantità necessaria per mantenere la temperatura nel corso

dell'essiccamento al livello voluto. I fumi prodotti vengono utilizzati per riscaldare in uno scambiatore di calore l'aria che afferisce calore al materiale in una sezione di essiccamento situata subito a monte del forno vero e proprio.

Il prodotto scaricato a valle del trattamento termico continuo viene stoccato in una tramoggia da cui viene ripreso da un nastro trasportatore e dosatore che alimenta una cilindraia ad alta compressione.

Il prodotto della macinazione, che contiene ancora le sostanze infusibili ad una pezzatura che ne permette, però, la totale dissoluzione durante l'elaborazione del vetro (< 45 micron), viene vagliato in un separatore a vento che produce la frazione con pezzatura inferiore a 45 micron che viene ripresa e dosata nella miscela da alimentare al forno primario mentre, la frazione con pezzatura superiore viene riciclata al mulino.

In fig. 1 è riportato lo schema relativo al drenaggio del materiale di scarto da recuperare e riciclare. Il materiale, indicato con a, stoccato in mucchio, viene caricato per mezzo di sollevatori a forza 1 e 2 in un'apparecchiatura drenante 3 che è attrezzata per ricevere acqua di lavaggio b che può emulsionare parte delle sostanze organiche a

basso peso molecolare eventualmente presenti alleggerendo così il carico di sostanze organiche nel corso del trattamento termico che seguirà. A valle del lavaggio, il drenaggio viene completato per mezzo di un'aspirazione applicabile dal di sotto del piano drenante che produce un effluente liquido c. Il materiale lavato, indicato con d, viene quindi alimentato alla fase successiva.

In fig. 2 è riportato lo schema relativo alla preparazione fisica del materiale d che viene alimentato, per mezzo di un nastro trasportatore dosatore 4 ad una prima taglierina 5 che ne riduce la lunghezza mediamente a 100 cm (il materiale accorciato è indicato con e) e lo scarica su un successivo nastro trasportatore 6 che, a sua volta, alimenta una seconda taglierina 7 che riduce ulteriormente la lunghezza della fibra a 5 - 10 cm (il materiale ulteriormente accorciato è indicato con f) e la scarica su un terzo nastro trasportatore 8 che lo fa transitare sotto un separatore magnetico 9. Il materiale accorciato (5 - 10 cm) e liberato dai metalli magnetici (indicato con h) viene scaricato in una tramoggia 10 mentre lo scarto g del separatore magnetico viene raccolto a parte.

In fig. 3 è riportato uno schema che descrive il sistema per la distribuzione omogenea sul nastro

trasportatore in acciaio refrattario asservito al forno del materiale di ricupero accorciato e liberato dai metalli magnetici, e per il controllo dello spessore dello stesso nel corso del trattamento termico. Il materiale h viene depositato per mezzo di un nastro trasportatore e dosatore 11 sul nastro trasportatore in acciaio refrattario 14 e disposto sulla sua superficie per mezzo di un dispersore 12 che è seguito da un cilindro 13 che attraversa tutto il campo ed è fissato ad una distanza precisa e regolabile dal nastro 14; tale cilindro provvede a definire e controllare lo spessore del manto di fibra all'altezza voluta. Tale spessore è preferibilmente compreso fra 2 e 15 cm, in modo particolarmente preferito fra 5 e 10 cm. Il tappeto o nastro di fibra così ottenuto, indicato con i, entra poi nelle fasi del ciclo termico schematizzate in fig. 4.

In tale figura sono rappresentate le quattro fasi del ciclo termico nel corso del quale la fibra di ricupero si libera delle sostanze organiche, viene sinterizzata e raffreddata; tale trattamento termico avviene in modo continuo, senza nessuno stazionamento alle temperature intermedie. Il tappeto di fibra accorciata e liberata dai metalli magnetici presenti entra a temperatura ambiente in

uno stadio preliminare di riscaldamento 19, attrezzato con una cappa 15, e ne esce alla temperatura di 140 °C, ed entra poi nel forno vero e proprio. Nello stadio preliminare 19, situato a monte del forno vero e proprio (in una forma di attuazione alternativa non illustrata, anche tale stadio preliminare di riscaldamento ha luogo nel forno a tunnel), avviene l'essiccamento del materiale i e l'evaporazione dei composti organici volatili per mezzo del calore apportato da aria preriscaldata in uno scambiatore di calore 32 a spese delle quantità di calore afferite rispettivamente dai fumi q prodotti dalla combustione delle sostanze organiche e del gas naturale (CH_4) necessario per raggiungere e mantenere la temperatura di 140 °C scelta per l'essiccamento. La corrente q è la somma delle correnti r_1 ed r provenienti rispettivamente dalle fasi successive 20 e 21 del ciclo termico. Contemporaneamente, l'aria calda t ottenuta in uno stadio 22 di raffreddamento del vetro sinterizzato attrezzata con una cappa 18 viene convogliata verso lo stadio preliminare 19 ove cede parte del calore che contiene. Il materiale secco l transita, quindi, in un primo stadio 20 del forno attrezzato con una cappa 16 in cui, ad una temperatura compresa fra 140 e 500 °C, avviene la pirolisi dei polimeri più

termolabili e vengono scaricati i fumi prodotti r1 che, con quelli, r, provenienti dalla cappa 17 dello stadio successivo 21 formano la corrente q prima citata. Il materiale, indicato ora con m, attraversa, poi, il secondo stadio 21 del forno nel quale, ad una temperatura compresa fra 500 e 900 °C, avviene la pirolisi dei polimeri più termoresistenti che completano l'allontanamento delle sostanze organiche inizialmente presenti. Nella prima parte del secondo stadio 21 del forno in cui viene completata la pirolisi delle macromolecole ancora presenti viene sfruttato l'effetto sorprendente causato dal basso coefficiente di trasmissione termica del vetro che ritarda il rammollimento superficiale della fibra, permettendo così lo scarico dei prodotti di pirolisi attraverso gli interstizi tra i filamenti, mentre nella seconda parte di tale stadio avviene il rammollimento superficiale e, quindi, la sinterizzazione del vetro.

Il materiale n liberato, così, anche dalle sostanze organiche passa nello stadio di raffreddamento 22, attrezzato con una cappa 18, in cui viene raffreddato con aria ventilata per portarlo ad una temperatura inferiore ai 100 °C, e viene frantumato e scaricato in zolle di dimensioni centimetriche

con caratteristiche di fragilità che lo rendono particolarmente adatto per la macinazione (o).

La fig. 5 illustra le fasi dell'ultima parte del processo. La fibra sinterizzata, indicata con o, viene stoccata e ripresa per mezzo di un nastro trasportatore dosatore 23 che alimenta un frantoio 24 che la riduce in pezzi della dimensione media di 1 cm (u). Un trasportatore dosatore 25 riprende il materiale frantumato per alimentarlo ad una cilindraia ad alta compressione 26 che lo riduce in polvere (v). Questa viene alimentata per mezzo di un trasporto pneumatico 27 ad un separatore a vento 28 che lo suddivide in due frazioni. La più fine (< 45 micron), indicata con k, viene fatta transitare, per mezzo di un nastro trasportatore 29 sotto un elettrocalamita ad alto campo 30 al fine di eliminare i frammenti molto fini di metalli magnetici eventualmente ancora presenti, che vengono così scaricati (w), mentre il prodotto finito y viene stoccato in una tramoggia (31). La frazione con pezzatura superiore ai 45 micron (z) viene riciclata alla cilindraia. Il vetro recuperato, caratterizzato da una pezzatura per il 100% inferiore ai 45 micron (y) viene successivamente ripreso dalla tramoggia 31 per essere dosato e miscelato con le altre materie prime e, quindi, riciclato al forno

primario per la produzione di nuova fibra lunga in concentrazioni anche molto elevate. I test di fusione alla temperatura di 1350 °C per 3 ore non hanno evidenziato, all'indagine microscopica, alcun corpuscolo di materiale infuso.

Esempi

I dati riportati nel seguito hanno lo scopo di quantificare i consumi specifici delle varie materie prime, e consentono di definire le quantità di polimeri organici che possono essere presenti negli scarti ed, in ultima analisi, di dimensionare il problema del ricupero di un vetro di tipo E esente da sostanze organiche e, quindi, riciclabile al forno primario per la produzione di nuova fibra. La perdita al fuoco, nel corso dell'elaborazione del vetro, è dell'ordine del 16% mentre gli scarti complessivi variano da un minimo del 6% ad un massimo del 25% rispetto alla produzione del forno primario (valore medio ponderato dell'ordine del 15% rispetto al vetro cavato dal forno). Il tenore di sostanze organiche del prodotto finito e, quindi, anche degli scarti, varia da un minimo dello 0,4% ad un massimo del 4% in peso mentre il tenore in umidità si muove tra l'1 ed il 6%. Il consumo energetico per la fusione della miscela varia, in funzione del tipo e della dimensione del forno, fra 7 e 18

GJ/ton mentre il consumo totale di energia è compreso fra 10 e 25 GJ/ton di fibra lunga prodotta.

Esempio 1

Un campione di 100 kg di materiale di scarto del ciclo primario di produzione della fibra continua, costituito per il 90 % da fibra continua e per il 10 % da semilavorati, caratterizzato da un contenuto in sostanze organiche determinate come COD (mg di O₂/1 g di sostanza) ed espresse come percentuale di carbonio elementare del 1,2 %, da un tenore in umidità del 3% e dalla presenza di metalli magnetici e di materiali opachi infusibili è stato, dapprima, sottoposto al drenaggio ed al lavaggio con acqua che ha permesso di scaricare circa la metà dell'acqua inizialmente presente (kg 1,5) ed una parte non valutabile di prodotti organici con essa emulsionati. Il materiale drenato è stato stoccato in una tramoggia da cui è stato ripreso per mezzo di un nastro trasportatore dosatore ed alimentato ad una prima taglierina continua che ha ridotto la lunghezza delle fibra lunga alla dimensione media di 100 cm circa e, quindi, ad una seconda taglierina che ne ha, ulteriormente, ridotto la lunghezza nell'intervallo 5 - 10 cm. Il materiale ottenuto è stato, quindi, fatto transitare, in continuo, in un campo magnetico che ha estratto

tutti i metalli magnetici presenti (0,6 kg circa). Il materiale così preparato è stato, poi, stoccato in una tramoggia da cui è stato ripreso da un nastro trasportatore dosatore che lo ha alimentato ad una macchina spalmatrice che lo ha disposto, in modo molto uniforme, su tutta la superficie del nastro trasportatore in acciaio refrattario con uno spessore omogeneo mediamente di 5 - 7 cm. Il nastro trasportatore ha, quindi, accompagnato il materiale per tutta la lunghezza del forno (1380 cm) ad una velocità di (35 cm/minuto) per un tempo di stazionamento complessivo di 40 minuti circa nel quale la temperatura è salita, in crescita continua, da 20 °C fino a 900 °C senza nessun arresto nel corso del transito. L'85 % della lunghezza del forno (34 minuti circa del tempo totale) è stato utilizzato per il caricamento del materiale (3 minuti circa) e la differenza (31 minuti circa) per il trattamento termico nel corso del quale, nell'intervallo 20 - 140 °C, il materiale è stato essiccato ed ha eliminato la parte volatile delle sostanze organiche ancora presenti e, nell'intervallo 140 - 500 °C, è avvenuta la combustione di parte dei polimeri e l'incenerimento quasi quantitativo di quelli più termolabili. Successivamente, la temperatura è stata portata, ancora in crescita continua, rapidamen-

te da 500 °C ad 850 - 900 °C. In questa fase l'incenerimento delle sostanze organiche più termoresistenti è stato completato o quasi mentre il materiale, per effetto dell'abbassamento della sua viscosità, si è trasformato in un prodotto semifuso. Nel restante 15% della lunghezza del forno (6 minuti circa di tempo di transito), dopo avere completato il ciclo termico, il materiale è stato raffreddato in continuo e senza arresti alle temperature intermedie da 900 a 100 °C per congelarne la superficie. La prova ha confermato l'effetto sorprendentemente previamente osservato secondo il quale, a causa del basso coefficiente di scambio, il vetro ha mantenuto l'aspetto fibroso anche quando la temperatura dell'ambiente è salita sensibilmente al di sopra del punto di rammollimento della fibra favorendo, di conseguenza, lo scarico dei prodotti dell'incenerimento. Il prodotto uscente dal forno si è staccato facilmente dal nastro trasportatore in acciaio refrattario che, ritornando nella posizione iniziale, è stato nuovamente caricato con fibra accorciata per mezzo della macchina spalmatrice prima descritta. Il prodotto uscente avente dimensioni irregolari di alcuni centimetri è stato stoccato in una tramoggia da dove è stato ripreso ed alimentato ad una cilindraia ad elevata

compressione che ne ha ridotto le dimensioni al di sotto di 45 micron. Il prodotto uscito dal mulino è stato inviato ad un separatore a vento che ha separato la frazione maggiore di 45 micron che è stata riciclata al mulino. Alla fine del processo si sono ottenuti kg 93,6 di vetro recuperato con contenuto in sostanze organiche residue espresse come carbonio dello 0,025 %. Il vetro con pezzatura < 45 micron, che ha l'aspetto di una polvere bianca perfettamente secca, è stato trattato su un'elettrocalamita ad alto campo magnetico che non ha evidenziato presenza di frammenti di metalli magnetici. Esso, dopo fusione in crogiolo alla temperatura di 1350 °C per 3 ore non ha evidenziato tracce di materiale infuso.

Esempio 2

Un campione di 100 kg di materiale di scarto dell'impianto primario di produzione della fibra continua, costituito per il 90 % da fibra continua e per il 10 % da semilavorati, caratterizzato da un contenuto in sostanze organiche espresse come carbonio elementare dell'1,2%, da un tenore in umidità del 5 % e dalla presenza di metalli magnetici e di materiali opachi infusibili è stato, dapprima, sottoposto al drenaggio ed al lavaggio con acqua che ha permesso di scaricare circa il 60 % dell'acqua

inizialmente presente (kg 3) ed una parte non valutabile di prodotti organici con essa emulsionati. Il materiale lavato e drenato è stato, poi, trattato nelle stesse condizioni già dettagliatamente descritte nell'esempio 1 senza incontrare difficoltà né nel taglio della fibra continua né nel disporre il materiale sul nastro in acciaio refrattario. Il materiale costituito da fibra accorciata è stato, quindi, alimentato, in continuo, ad una elettrocalamita che ha estratto tutti i metalli magnetici presenti (0,2 kg circa). In questo caso, si è operato con uno spessore del materiale sul nastro di 3 - 5 cm ed è stato seguito esattamente lo stesso ciclo termico dell'esempio precedente allo scopo di verificare il risultato partendo da un materiale di ricupero con lo stesso contenuto di sostanze organiche operando con uno spessore del materiale inferiore. Alla fine del processo si sono ottenuti kg 90,5 di vetro ricuperato con contenuto in sostanze organiche residue espresse come carbonio elementare dello 0.02 %. Il vetro con pezzatura < 45 micron, polvere bianca perfettamente secca, è stato fatto passare nel campo magnetico generato da un'elettrocalamita ad alto campo magnetico, e non ha evidenziato presenza di frammenti di metalli magnetici e, dopo fusione in crogiolo alla temperatu-

ra di 1350 °C per 3 ore non ha evidenziato tracce di materiale infuso.

Esempio 3

Lo stesso materiale utilizzato nell'esempio 2, e cioè 100 kg di materiale di scarto dell'impianto primario di produzione della fibra continua, costituito per il 90 % da fibra continua e per il 10 % da semilavorati, caratterizzato da un contenuto in sostanze organiche espresse come carbonio elementare del 1,2 % da un tenore in umidità del 5% e dalla presenza di metalli magnetici e di materiali opachi infusibili è stato trattato esattamente nelle stesse condizioni dell'esempio 2 ottenendo gli stessi risultati, e cioè: drenaggio e lavaggio con acqua che ha permesso di scaricare circa il 60 % dell'acqua (kg 3) inizialmente presente ed una parte non valutabile di prodotti organici con essa emulsionati. Il materiale lavato e drenato è stato, poi, trattato nelle stesse condizioni già dettagliatamente descritte nell'esempio 1, senza incontrare difficoltà né nel taglio delle fibra continua né nel disporre il materiale sul nastro in acciaio refrattario, e successivamente è stata effettuata l'estrazione ad umido dei metalli magnetici, tramite un'elettrocalamita (0,2 kg circa). In questo caso lo spessore del materiale sul nastro è stato ri-

portato a 5 - 7 cm come nell'esempio 1. L'accelerazione della combustione è stata migliorata modificando la curva relativa all'andamento delle temperature nel corso del ciclo termico al fine di sfruttare l'effetto sorprendente del ritardo del rammollimento superficiale della fibra di vetro causato dal basso livello di trasmissione del calore verso il vetro.

Il nastro trasportatore ha, quindi, accompagnato il materiale per tutta la lunghezza del forno (1380 cm) ad una velocità di (35 cm/minuto) per un tempo di permanenza complessivo di 40 minuti nel quale la temperatura è salita, in crescita continua, da 20 °C fino ad 850 - 900 °C senza nessun arresto nel corso del transito. Tutta la lunghezza del forno, a monte della zona di raffreddamento del materiale semifuso è stata utilizzata per l'unica fase di trattamento termico nel corso della quale, nell'intervallo 20 - 140 °C il materiale è stato essiccato ed ha eliminato la parte volatile delle sostanze organiche ancora presenti, nell'intervallo 140 - 850 °C, è avvenuta la combustione di parte dei polimeri e l'incenerimento quantitativo di quelli più termoresistenti. In questa fase l'incenerimento delle sostanze organiche termicamente più resistenti è stata completata mentre, so-

lo nella parte finale, quando il vetro ha raggiunto la temperatura sufficiente, il materiale si è trasformato in prodotto semifuso. È stato sorprendentemente riconfermato che, nel processo secondo l'invenzione, il basso coefficiente di scambio del calore ha consentito al vetro di mantenere l'aspetto fibroso anche quando la temperatura dell'ambiente è salita sensibilmente al di sopra del punto di rammollimento favorendo lo scarico dei prodotti dell'incenerimento. Nella fase finale del ciclo termico il materiale è stato raffreddato con aria ventilata e gelato in superficie ed ha assunto caratteristiche ideali per la successiva macinazione. Il prodotto uscente dal forno si è staccato facilmente dal nastro trasportatore in acciaio refrattario che, ritornando nella posizione iniziale, è stato nuovamente caricato con fibra accorciata per mezzo della macchina spalmatrice prima descritta. Il prodotto uscente in zolle aventi dimensioni differenziate è stato stoccato in una tramoggia da dove è stato ripreso per essere alimentato ad un mulino ad elevata compressione che ne ha ridotto le dimensioni al di sotto di 45 micron. Alla fine del processo si sono ottenuti kg 90,95 di vetro recuperato con un contenuto in sostanze organiche residue dello 0,015 %. Il vetro con pezzatura < 45 micron,

polvere bianca perfettamente secca, è stato trattato con un'elettrocalamita ad alto campo magnetico e non ha evidenziato presenza di frammenti di metallo magnetico e, dopo fusione in crogiolo alla temperatura di 1350 ° per 3 ore, non ha evidenziato tracce di materiale infuso.

Esempio 4

Lo stesso materiale utilizzato negli esempi precedenti, e cioè 100 kg di materiale di scarto dell'impianto primario di produzione della fibra continua, costituito per il 90 % da fibra continua e per il 10 % da semilavorati, caratterizzato da un contenuto in sostanze organiche espresse come carbonio elementare del 1,2 %, da un tenore in umidità del 5 % e dalla presenza di metalli magnetici e di materiali opachi infusibili è stato trattato esattamente nelle stesse condizioni dell'esempio 3 ottenendo gli stessi risultati, e cioè: drenaggio e lavaggio con lo scarico del 60 % circa dell'acqua inizialmente presente (kg 3) ed una parte non valutabile di prodotti organici con essa emulsionati. La separazione ad umido dei metalli magnetici, tramite un'elettrocalamita, eseguita sulla fibra accorciata ha prodotto uno scarto di 0,5 kg circa di metalli magnetici presenti. La miscela residua è stata trattata nelle stesse condizioni già detta-

gliatamente descritte nell'esempio 1, senza incontrare difficoltà né nel taglio delle fibra continua né nel disporre il materiale sul nastro in acciaio refrattario. Anche in questo caso lo spessore del materiale sul nastro era di 5 - 7 cm come nell'esempio 1 ed è stato adottato lo stesso ciclo di trattamento termico sperimentato nell'esempio 3 che consente di sfruttare, come precedentemente spiegato, l'effetto sorprendente del ritardo del rammollimento superficiale della fibra dovuto al basso valore del coefficiente di trasmissione del calore verso il vetro. In questo esempio, l'essiccamento del materiale è stato realizzato, a monte del forno adibito al ciclo termico vero e proprio, sfruttando il calore contenuto nei fumi emessi dalle fasi di combustione e di incenerimento delle sostanze organiche che, unitamente a quello generato dalla combustione di gas naturale è stato impiegato per preriscaldare l'aria con cui il materiale è stato portato alla temperatura di 140 °C. Va detto che il nastro trasportatore in acciaio refrattario è stato allungato per coprire il nuovo tratto di percorso termico e ciò ha permesso di aumentare il tempo disponibile per realizzare le successive fasi del trattamento termico. Infatti, la lunghezza del forno è stata, in questo caso, dedi-

cata totalmente al tratto di curva compreso fra 140 e 850 °C. Anche in questo caso, il prodotto uscente dal forno si è staccato facilmente dal nastro trasportatore in acciaio refrattario. Il prodotto uscente in zolle di dimensioni differenziate è stato stoccato in una tramoggia da dove è stato ripreso per essere alimentato ad un mulino ad elevata compressione che ne ha ridotto le dimensioni al di sotto di 45 micron. Alla fine del processo si sono ottenuti kg 89,6 di vetro recuperato con contenuto in sostanze organiche residue dello 0,015 %. Il vetro con pezzatura < 45 micron, polvere bianca perfettamente secca, è stato trattato con un'elettrocalamita ad alto campo magnetico e non ha evidenziato presenza di frammenti di metallo magnetico e, dopo fusione in crogiolo alla temperatura di 1350° per 3 ore, non ha evidenziato tracce di materiale infuso.

Esempio 5

Lo stesso materiale utilizzato in tutti gli altri esempi, e cioè 100 kg di materiale di scarto dell'impianto primario di produzione della fibra continua, costituito per il 90 % da fibra continua e per il 10 % da semilavorati, caratterizzato da un contenuto in sostanze organiche espresse come carbonio elementare del 1,2% e da un tenore in umidità

del 5 % e dalla presenza di metalli magnetici e di materiali opachi infusibili è stato trattato esattamente nelle stesse condizioni dell'esempio 3 e 4 ottenendo gli stessi risultati, e cioè: il drenaggio ed il lavaggio con acqua hanno permesso di scaricare circa il 60 % dell'acqua (kg 3) inizialmente presente ed una parte non valutabile di prodotti organici con essa emulsionati. La separazione ad umido dei metalli magnetici, tramite un'elettrocalamita, eseguita sulla fibra accorciata, ha prodotto uno scarto di 0,5 kg circa di metalli magnetici presenti. La miscela residua è stata trattata nelle stesse condizioni già dettagliatamente descritte nell'esempio 1, senza incontrare difficoltà né nel taglio delle fibra continua né nel disporre il materiale sul nastro in acciaio refrattario. Anche in questo caso lo spessore del materiale sul nastro è stato fissato a 5 - 7 cm come nell'esempio 1 ed è stato adottato lo stesso ciclo di trattamento termico sperimentato, con successo, negli esempi 3 e 4 che consente di sfruttare, come precedentemente spiegato, l'effetto sorprendente del ritardo del rammollimento superficiale della fibra dovuto al basso valore del coefficiente di trasmissione del calore verso il vetro. Anche in questo esempio, l'essiccamento del materiale è sta-

to realizzato a monte del forno adibito al ciclo termico vero e proprio sfruttando, per il preriscaldamento del materiale a 140 °C, il calore potenziale contenuto nei fumi che si producono nella postcombustione dei gas effluenti dalle fasi di combustione e di incenerimento delle sostanze organiche con l'aiuto, evidentemente necessario, della corretta aliquota di gas naturale. Va ripetuto che, anche in questo caso, il nastro trasportatore in acciaio refrattario è stato allungato per coprire il nuovo tratto di percorso termico, e ciò ha conseguentemente allungato il tempo disponibile per realizzare le successive fasi del trattamento termico poiché, anche in questo caso, la lunghezza del forno è stata totalmente dedicata al tratto di curva compreso fra 140 e 850 °C. L'unica differenza adottata rispetto all'esempio 4 consiste nel fatto che è stata immessa, nella zona del forno ove la temperatura raggiunge i 380 - 400 °C, aria arricchita con ossigeno (+ 20% in volume) al fine di favorire l'andamento della combustione delle sostanze organiche. Anche in questo caso, il prodotto uscente dal forno si è staccato facilmente dal nastro trasportatore in acciaio refrattario. Il prodotto uscente in zolle di dimensioni molto differenziate è stato stoccato in una tramoggia da dove è stato

ripreso per essere alimentato ad un mulino ad elevata compressione che ne ha ridotto le dimensioni al di sotto di 45 micron. Alla fine del processo si sono ottenuti kg 90,5 di vetro recuperato con contenuto in sostanze organiche residue < 0,015 %. Il vetro con pezzatura < 45 micron, polvere bianca perfettamente secca, è stato trattato con un'elettrocalamita ad alto campo magnetico e non ha evidenziato presenza di frammenti di metallo magnetico e, dopo fusione in crogiolo alla temperatura di 1350 ° per 3 ore, non ha evidenziato tracce di materiale infuso.

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi dei risultati ottenuti. Si noti che nell'Esempio 5 è stata insufflata aria arricchita con O₂ (20% in volume) sopra i 400 °C.

Esempio n°	Miscela			Pretrattamenti			
	Fibra lunga	Semilavorato	S.O. %	Drenaggio H2O kg	Metalli magnetici kg	Alimentazione fibra	
						Spessore cm	Omogeneità
1	90 %	10 %	1,2	1,5	0,6	5 - 7	Discreta
2	90 %	10 %		3,0	0,2	3 - 5	Buona
3	90 %	10 %		3,0	0,2	5 - 7	Discreta
4	90 %	10 %		3,0	0,5	5 - 7	Discreta
5	90 %	10 %	2.4	3,0	0,5	10	Discreta

Esempio n°	Trattamento termico				
	Essiccazione fuori Forno	Prima fase 20 - 500°C		Seconda Fase 500 - 900°C	
		Forno %	Velocità	Forno %	Velocità
1	no	70	lento	30	rapido
2	no	70	lento	30	rapido
3	no	100% 20 - 900°C			
4	si	100% 140 - 900°C			
5	si	100% 140 - 900°C con O2			

Esempio n°	Recupero fumi combustione ed incenerimento	Risultati			
		Fibra riciclata kg	Scarto kg	Perdita kg	S.O. %
1	No	93,60	4,40	2,00	0,025
2	No	90,50	7,00	2,50	0,020
3	No	90,95	7,05	2,00	0,015
4	Si	89,60	7,40	3,00	0,015
5	Si	90,50	7,50	2,00	< 0,015

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per il trattamento di scarti di filato di fibra di vetro continua, comprendente le fasi di

sminuzzare detti scarti in modo tale da ottenere pezzi di fibra sminuzzati (h) aventi una pezzatura prestabilita;

alimentare in modo continuo una carica di pezzi di fibra sminuzzati ad un trattamento termico; e

nell'ambito di detto trattamento termico, riscaldare detta carica di pezzi di fibra sminuzzati in modo tale da provocare, in successione, l'eliminazione di un eventuale contenuto di umidità, l'evaporazione di componenti volatili di un rivestimento organico della fibra continua, e la combustione di componenti residuali del rivestimento organico;

caratterizzato dal fatto che

detta carica di pezzi di fibra sminuzzati è alimentata al trattamento termico come nastro di materiale, il cui spessore in ingresso al trattamento termico è controllato in modo da avere un valore massimo prestabilito;

almeno la combustione di componenti residuali del rivestimento organico ha luogo in un forno a tunnel (20, 21) comprendente una pluralità di sor-

genti di calore disposte almeno al disopra ed al disotto di detto nastro di materiale; e

durante il trattamento termico la carica di pezzi di fibra sminuzzati avanza in modo continuo, e viene portata, in regime di temperatura progressivamente crescente, da una temperatura di partenza ad una temperatura finale di riscaldamento superiore al punto di rammollimento della fibra di vetro.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui la fibra è di vetro tipo E, ed il contenuto organico degli scarti è compreso fra lo 0,5 e l'8 % in peso, preferibilmente fra l'1 ed il 4 % in peso.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui preliminarmente allo sminuzzamento detti scarti vengono sottoposti a lavaggio con conseguente drenaggio del liquido di lavaggio.

4. Procedimento secondo una delle rivendicazioni 1 a 3, in cui preliminarmente allo sminuzzamento detti scarti vengono sottoposti a separazione magnetica per rimuovere eventuali inquinanti metallici.

5. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui nell'ambito di detto trattamento termico, successivamente alla combustione dei componenti residuali del rivestimento organico detta carica di pezzi di fibra sminuzzati viene riscalda-

ta ulteriormente in modo tale da provocarne la sin-
terizzazione.

CLAIMS

1. A method for treating continuous fiberglass filament waste, comprising the steps of

 comminuting said waste to obtain comminuted fiber chips (h) of predetermined size;

 continuously feeding a feedstock of comminuted fiber chips to a heat treatment; and

 within said heat treatment, heating said feedstock of comminuted fiber chips to cause, in succession, any moisture content to be removed therefrom, volatile components of an organic coating of the continuous fiberglass to be evaporated, and residual components of the organic coating to be combusted;

 characterized in that

 said feedstock of comminuted fiber chips is fed to the heat treatment as a material tape, whose thickness entering the heat treatment is controlled to have a predetermined maximum value;

 at least the combustion of residual components of the organic coating takes place in a tunnel furnace (20, 21) comprising a plurality of heat sources provided at least above and below said material tape; and

 during the heat treatment the feedstock of comminuted fiber chips moves continuously forward,

and is brought, under a progressively increasing temperature regime, from a starting temperature to a final heating temperature greater than the softening point of fiberglass.

2. A method according to claim 1, wherein the fiber is of E-glass, and the organic content of the waste is comprised between 0,5 and 8 % by weight, preferably between 1 and 4 % by weight.

3. A method according to claim 1 or 2, wherein before comminution said waste is subjected to washing and subsequently to draining of washing liquid.

4. A method according to any of claims 1 to 3, wherein before comminution said waste is subjected to magnetic separation for removing any metal contaminant.

5. A method according to any of the preceding claims wherein, within said heat treatment, after the combustion of residual components of the organic coating said feedstock of comminuted fiber chips is further heated to cause it to be sintered.

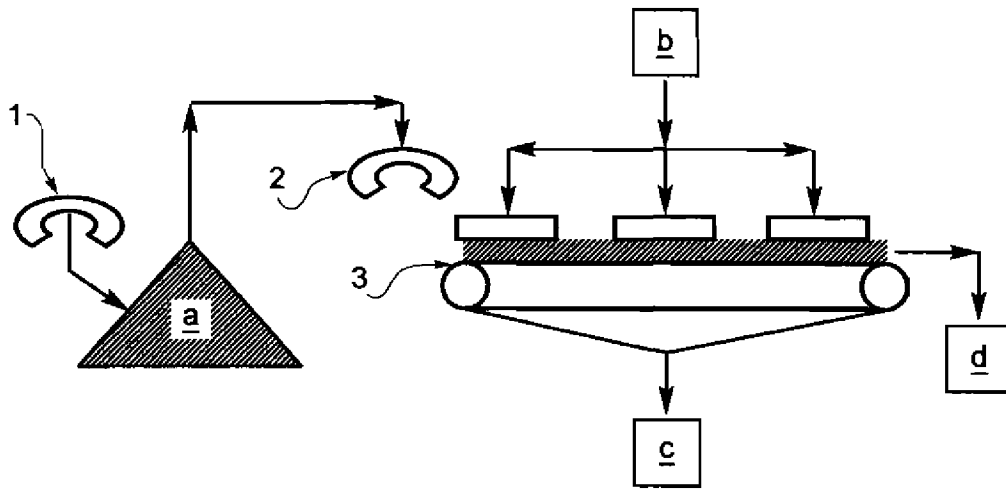


FIG. 1

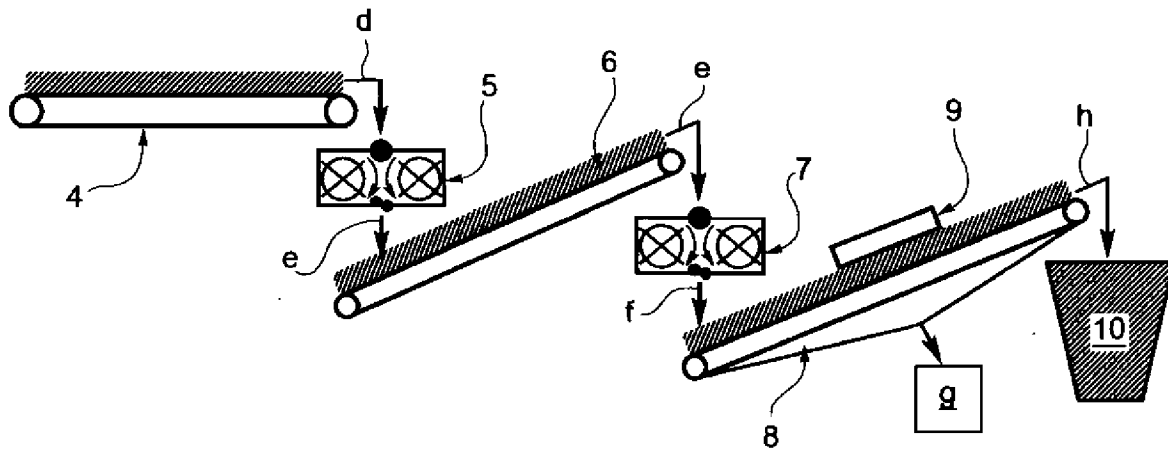


FIG. 2

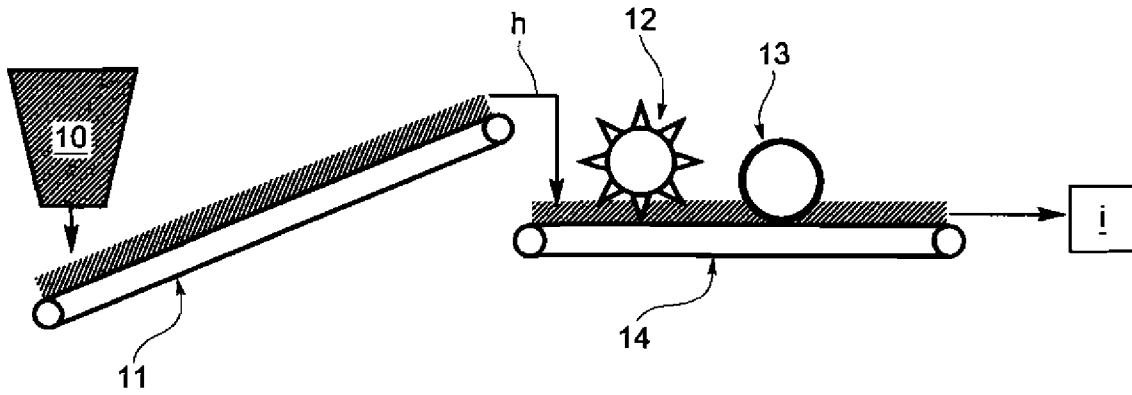


FIG. 3

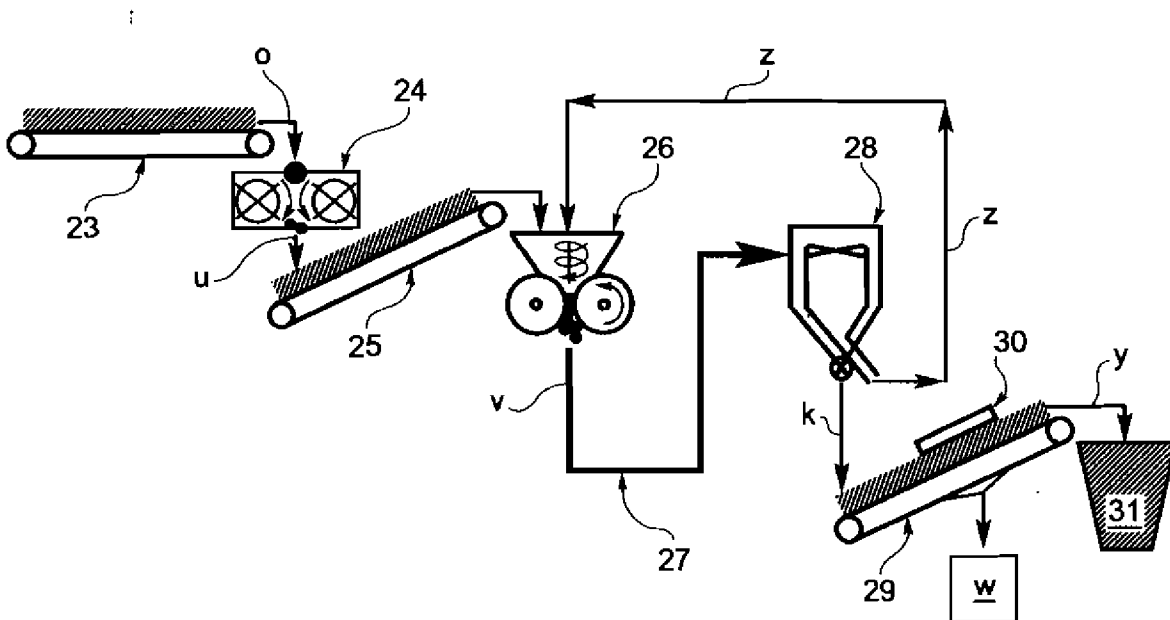


FIG. 5

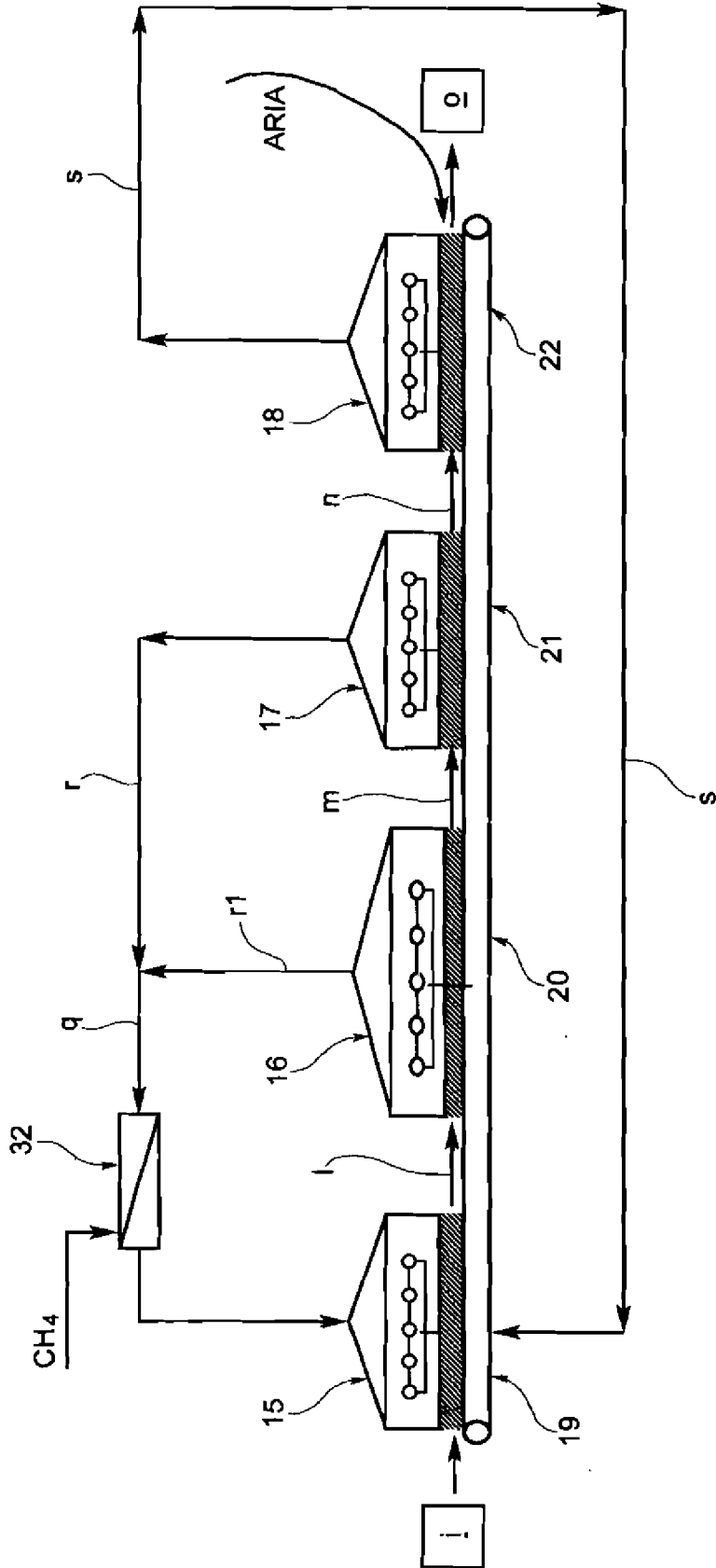


FIG. 4