



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

UIBM

DOMANDA NUMERO	101997900617920
Data Deposito	12/08/1997
Data Pubblicazione	12/02/1999

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	29	H		
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	B		

Titolo

PROCEDIMENTO PER IL RICICLAGGIO DI UN MATERIALE POLIMERICO RETICOLATO, IN PARTICOLARE PROVENIENTE DA MATERIALI DI RIVESTIMENTO DI CAVI ELETTRICI

DESCRIZIONE

di Brevetto per Invenzione Industriale,

di **ALCATEL ALSTHOM COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITÉ**,
di nazionalità francese

con sede a 75008 PARIS (FRANCIA), 54 RUE LA BOETIE

Inventori: **TRIBOULET Carlo; PRIGENT Madeleine; DUCATEL Françoise**

14 AGO. 1997

***** TO 97A 000739

La presente invenzione è relativa a un procedimento per il riciclaggio di materiali polimerici reticolati, in particolare provenienti da scarti di lavorazione di materiali di rivestimento di cavi elettrici e da rivestimenti di cavi elettrici dismessi.

È noto il largo impiego di polimeri reticolati, e in particolare di polietileni reticolati, per il rivestimento e l'isolamento di cavi elettrici: la reticolazione, cioè la formazione di un reticolo tridimensionale di legami intermolecolari, consente infatti di ottenere caratteristiche meccaniche vantaggiose per questo tipo di applicazioni e, in particolare, rende tali materiali sostanzialmente infusibili (ne viene pertanto limitato il collasso meccanico a caldo e ne è migliorata la stabilità termica).

È noto inoltre che i processi per il rivestimento di cavi elettrici con materiali polimerici reticolati, in particolare quelli effettuati per estrusione, comportano la formazione di scarti di lavorazione: tali scarti risultano formati, appunto, da materiali reticolati con differente grado di reticolazione e, in generale, diverse caratteristiche e composizioni. La composizione e la natura di questi materiali di scarto dipendono infatti, oltre che dal tipo di polimero di partenza, anche dal metodo di reticolazione impiegato, il quale determina il grado di reticolazione e la

BOGGIO Luigi
Iscrizione Albo nr 251/BMI

quantità e il tipo di residui presenti nel materiale (in particolare, questi materiali possono contenere quantità variabili di agenti silanici, di perossidi e di catalizzatori vari).

In molti casi, inoltre, soprattutto qualora la reticolazione sia condotta con agenti silanici, il grado di reticolazione degli scarti di estrusione dipende anche dalle condizioni di stoccaggio degli scarti stessi, e in particolare dalla presenza d'acqua o dall'umidità dell'aria.

In definitiva, sia il grado di reticolazione, sia la composizione degli scarti di polimeri reticolati generati nel ciclo di produzione dei cavi elettrici sono generalmente molto variabili, fermo restando che si tratta comunque di materiali che non possono essere considerati termoplastici.

La reticolazione, infatti, rende i materiali polimerici sostanzialmente infusibili e questo, se dal punto di vista applicativo può costituire un vantaggio, limita tuttavia le possibilità di recupero e riciclaggio di questi materiali: i processi noti di riciclaggio dei materiali polimerici sono applicabili pertanto ai soli materiali termoplastici, i quali, portati allo stato fuso, possono essere nuovamente lavorati secondo usuali tecnologie, normalmente mescolati con un polimero vergine della stessa natura o compatibile.

Attualmente, invece, gli scarti di materiali polimerici reticolati non sono riciclati e sono reputati non riciclabili e sono dunque eliminati sistematicamente per interrimento in discariche o per incenerimento: tali soluzioni non sono ovviamente soddisfacenti, sia in previsione dei costi che aumentano notevolmente a mano a mano che la disponibilità delle discariche diminuisce, sia per l'impatto negativo sull'ambiente. È chiaro che queste soluzioni si applicano egualmente sia agli scarti di polimeri reticolati provenienti dai processi di produzione di

rivestimenti di cavi elettrici, sia ai rivestimenti stessi in materiale polimerico reticolato, una volta che, al termine della vita di esercizio dei cavi, questi vengono ritirati e/o sostituiti.

Per risolvere il problema del recupero di materiali polimerici reticolati è noto effettuarne una degradazione meccanica per ridurli ad una polvere fine, utilizzabile come riempitivo in miscela con polimeri vergini.

Il brevetto JP 04-197456 prevede, per esempio, di scaldare il materiale reticolato e sottoporlo a sollecitazioni meccaniche di taglio molto elevate, in un mescolatore interno di tipo Bambury: al termine del trattamento, di durata compresa tra 10 e 60 minuti, si ottiene una polvere molto fine (da 0 a 500 μm). Un processo analogo è noto anche dal brevetto JP 57-136, in cui la degradazione del materiale reticolato allo stato polverizzato è condotta in un estrusore monovite, oppure in un mescolatore a cilindri o in un mescolatore di tipo Brabender.

In entrambi i processi citati il polimero reticolato è trasformato in una polvere che, comunque, non può essere utilizzata direttamente da sola, per la mancanza di coesione, ma deve essere impiegata come additivo in un polimero vergine; inoltre, questa polvere presenta l'inconveniente di avere una densità apparente molto bassa, risultando quindi molto voluminosa.

È uno scopo della presente invenzione quello di fornire un procedimento per il riciclaggio di materiali polimerici reticolati che sia privo degli inconvenienti sopra descritti dei procedimenti noti, e che consenta in particolare di ridurre tali materiali in uno stato dereticolato che si presta alle usuali tecnologie di lavorazione dei materiali termoplastici.

In accordo con lo scopo predefinito, viene pertanto fornito un procedimento

BOGGIO Luigi
Iscrizione Albo nr 251/BM

per il riciclaggio di un materiale polimerico reticolato, in particolare proveniente da scarti di lavorazione di materiali di rivestimento di cavi elettrici, caratterizzato dal fatto di comprendere una fase di mescolamento meccanico di detto materiale polimerico reticolato, durante la quale detto materiale polimerico reticolato è assoggettato per un tempo prefissato ad una azione meccanica di mescolamento e a sollecitazioni di taglio di entità superiore a un valore prefissato, tali da determinare la dereticolazione di detto materiale.

In particolare, la fase di mescolamento meccanico è effettuata in un'apparecchiatura di mescolamento continua o discontinua, durante detta fase di mescolamento meccanico essendo fornita a detto materiale tramite detta apparecchiatura di mescolamento una potenza specifica per unità di massa di materiale compresa tra circa 0,5 e circa 1 kW/h per kg di materiale.

Secondo una preferita forma di attuazione, la fase di mescolamento meccanico è effettuata in un'apparecchiatura di mescolamento continua, per esempio in un estrusore-mescolatore bivate, e il tempo di permanenza di detto materiale polimerico reticolato all'interno di detta apparecchiatura di mescolamento continua è compreso tra circa 20 e circa 60 secondi; durante detta fase di mescolamento meccanico detto materiale è sottoposto a sollecitazioni di taglio di valore compreso tra circa 50 e circa 150 s⁻¹.

Qui e nel seguito, come è uso frequente nel campo delle tecnologie dei materiali polimerici, la sollecitazione di taglio cui il materiale è sottoposto è espressa tramite la velocità di scorrimento o "shear rate", misurata in s⁻¹.

Il procedimento secondo l'invenzione consente in tal modo di riciclare materiali polimerici reticolati, per esempio scarti del ciclo produttivo di rivestimenti di cavi elettrici o rivestimenti di cavi elettrici dismessi, senza doverli

eliminare con operazioni costose e/o inquinanti: inoltre, il materiale riciclato che si ottiene è un materiale sostanzialmente omogeneo avente soddisfacenti caratteristiche meccaniche, che può essere trasformato mediante le usuali tecnologie di lavorazione dei materiali polimerici termoplastici e riutilizzato, da solo o in miscela con polimeri vergini, in numerose applicazioni.

In sostanza, i tecnici della Richiedente hanno sorprendentemente osservato che sottoponendo un materiale polimerico reticolato ad un'azione meccanica di mescolamento per un tempo sufficiente, in modo da indurre nel materiale stesso sollecitazioni di taglio e temperature superiori a prefissati livelli minimi (ovvero fornendo al materiale una potenza specifica superiore a un livello prefissato), il materiale torna in uno stato che può essere considerato sostanzialmente termoplastico.

Il processo può essere condotto in un mescolatore interno di tipo discontinuo, in tempi dell'ordine dei 20÷30 minuti, oppure, più vantaggiosamente dal punto di vista economico, in continuo, per esempio in un estrusore-mescolatore, in tempi molto più rapidi. L'effetto di dereticolazione si ottiene comunque sottoponendo il materiale ad azione meccanica di mescolamento con livelli di sforzo, temperature e tempi sufficienti: è solo da un punto di vista economico che un estrusore-mescolatore si rivela più conveniente di un mescolatore interno, egualmente efficace a ottenere l'effetto di dereticolazione.

Ovviamente, l'apparecchiatura in cui si realizza il procedimento secondo l'invenzione, di qualsiasi tipo sia, deve presentare caratteristiche tali da sottoporre il materiale all'azione meccanica necessaria ad ottenere la dereticolazione.

In particolare, nel caso sia impiegato un estrusore, questo deve avere una geometria tale che il tempo di permanenza del polimero reticolato al suo interno

sia sufficiente a provocarne la dereticolazione, e i profili delle viti e il profilo di temperatura all'interno dell'estrusore stesso devono essere ottimizzati in modo da ottenere una temperatura e un livello di forze di taglio sufficientemente elevati.

In particolare, affinché la dereticolazione abbia effettivamente luogo, è necessario utilizzare un profilo di vite avente diverse zone di mescolamento e tratti "a controfiletto" che rinviano il materiale verso tali zone di miscelazione.

I risultati migliori sono stati ottenuti con estrusori bivate: sebbene siano stati impiegati estrusori a due viti corotative (cioè rotanti nello stesso senso), risultati simili potrebbero essere ottenuti anche con estrusori a due viti controrotative.

Pur non essendo strettamente necessario, inoltre, è opportuno sottoporre il materiale da riciclare ad una fase preliminare di frantumazione, al solo scopo di facilitare l'alimentazione della macchina in cui avviene il mescolamento vero e proprio, in particolare se si tratta, come preferibile, di un estrusore.

In ogni caso, all'uscita del mescolatore si ottiene un materiale polimerico che può essere ridotto in granuli, raffreddato ed essiccato come un qualsiasi materiale termoplastico: successivamente, il materiale dereticolato può essere riutilizzato secondo le usuali tecnologie di lavorazione dei materiali termoplastici, per esempio per stampaggio o per estrusione, da solo o in miscela con polimeri vergini.

Le analisi condotte sui materiali polimerici reticolati sottoposti al procedimento dell'invenzione hanno confermato sia l'avvenuta dereticolazione dei materiali, sia le buone caratteristiche meccaniche degli stessi, che li rendono in particolare idonei al riutilizzo in numerose applicazioni, per esempio come guaine interne o riempitivi di cavi elettrici.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione appariranno

BOGGIO Luigi
Iscrizione Albo nr 251/BMJ

chiari dalla descrizione che segue di un suo esempio di attuazione non limitativo, dato a puro scopo esemplificativo, con riferimento alle figure del disegno annesso, in cui:

- la figura 1 illustra schematicamente le diverse fasi del procedimento di riciclaggio di materiali polimerici reticolati secondo la presente invenzione;
- la figura 2 illustra una vista schematica parziale di un estrusore-mescolatore mediante il quale è attuabile una fase del procedimento secondo l'invenzione.

Con riferimento alla figura 1, il procedimento secondo l'invenzione comprende, dopo una eventuale fase preliminare 1 di macinazione o frantumazione dei materiali polimerici reticolati da trattare, sostanzialmente nota, una fase di mescolamento meccanico 3, in cui al materiale polimerico reticolato e polverizzato 2 viene fornita una potenza specifica per unità di massa tale da indurre nel materiale stesso sollecitazioni di taglio e temperature superiori a prefissati livelli minimi, sufficienti a determinare la dereticolazione del materiale stesso che torna pertanto in uno stato che può essere considerato sostanzialmente termoplastico.

La fase preliminare di frantumazione 1 non è strettamente necessaria ad ottenere l'effetto di dereticolazione previsto dall'invenzione, ma ha la sola funzione di facilitare l'alimentazione del materiale all'apparecchiatura (mescolatore) in cui viene effettuata la fase di mescolamento 3.

Alla fase di mescolamento 3, di durata tale da consentire la dereticolazione del materiale, segue una fase di granulazione 4 del materiale dereticolato, sostanzialmente nota: successivamente, il materiale può essere raffreddato, essiccato ed insaccato (fase 5 di figura 1) ed è quindi pronto per il riutilizzo 6, da solo o in miscela con polimeri vergini, secondo usuali tecnologie di lavorazione

BOGGIO Luigi
Iscrizione Albo nr 251/BMJ

dei materiali termoplastici. In particolare, il materiale riciclato secondo la presente invenzione si presta al riutilizzo sia come materiale da stampaggio, per esempio per la produzione di articoli tecnici (fase 7 di figura 1), sia come materiale da estrusione, per esempio per realizzare guaine e riempitivi di cavi elettrici (fase 8).

Con riferimento alla figura 2, è indicato con 10 un estrusore-mescolatore, noto nel suo complesso e rappresentato solo schematicamente per semplicità, che può essere vantaggiosamente impiegato per attuare la fase di mescolamento meccanico 3 del procedimento secondo l'invenzione. L'estrusore 10 comprende un cilindro 11, al cui interno è alloggiata almeno una vite rotante 12, ed è provvisto di una tramoggia di alimentazione 13 e di una testa di estrusione 14, disposte a rispettive estremità opposte del cilindro 11.

Come precedentemente accennato, l'estrusore 10 comprende preferibilmente due viti 12 affiancate o sovrapposte, corotanti o controrotanti, aventi comunque il medesimo profilo: in particolare, il profilo della/e vite/i 12, come anche il profilo di temperatura all'interno del cilindro 11, è ottimizzato in modo da ottenere temperature e sollecitazioni di taglio sul materiale sufficientemente elevati da provocare la dereticolazione del materiale stesso.

A tale scopo, la vite 12 presenta una pluralità di zone (o "blocchi") di mescolamento e zone di trasporto intervallate da tratti "a controfiletto", che rinviando il materiale verso le zone di mescolamento. Secondo la preferita forma di attuazione illustrata in figura 2, per esempio, la vite 12 comprende in successione, a partire da una sua estremità posta in corrispondenza della tramoggia di alimentazione 13, un primo blocco di trasporto 20, un primo blocco di mescolamento 21, un secondo blocco di trasporto 22 e un secondo blocco di mescolamento 23; al secondo blocco di mescolamento 23 seguono, nell'ordine, un

primo blocco a controfiletto 24, un terzo blocco di trasporto 25, un terzo blocco di mescolamento 26 e un secondo blocco a controfiletto 27; infine, prima della testa 14 dell'estrusore 10, la vite 12 comprende un quarto e ultimo blocco di trasporto 28.

Preferibilmente, la vite 12 e la testa 14 dell'estrusore 10 sono mantenute a rispettive temperature prefissate, per esempio a circa 70°C la vite 12 e a circa 230°C la testa 14, mentre il cilindro 11 è riscaldato in modo da presentare un profilo di temperatura crescente da una zona di alimentazione 30, posta in corrispondenza della tramoggia 13 e mantenuta a una temperatura relativamente bassa, verso la testa di estrusione 14: in particolare, il cilindro 11 può presentare, a valle della zona di alimentazione 30, una zona centrale 31 e una zona terminale 32, posta in corrispondenza della testa 14: la zona terminale 32 è mantenuta a una temperatura elevata, prossima o uguale a quella della testa 14, mentre la zona centrale 31 è mantenuta a una temperatura intermedia tra le temperature della zona di alimentazione 30 e della zona terminale 31.

La presente invenzione viene ora ulteriormente descritta nei seguenti esempi di attuazione non limitativi.

ESEMPIO 1

Scarti di polietilene reticolato provenienti da processi di rivestimento di cavi elettrici sono stati sottoposti al procedimento di riciclaggio secondo l'invenzione.

In particolare, sono stati utilizzati due differenti tipi di polietilene, rispettivamente reticolato con perossidi e con agenti silanici.

I materiali di scarto sono stati innanzitutto macinati fino ad ottenere un materiale polverizzato costituito da particelle aventi dimensione media inferiore a circa 4 mm. I materiali polverizzati sono stati quindi introdotti in un estrusore

bivite avente il particolare profilo di vite precedentemente descritto con riferimento alla figura 2 del disegno annesso.

Sono stati utilizzati, in particolare, due estrusori in configurazioni differenti, una per prove da laboratorio e una per produzioni industriali: i parametri di processo e le caratteristiche delle macchine impiegate nelle due configurazioni sono riassunte in tabella 1.

TABELLA 1

condizioni e parametri di processo per estrusore bivite	configurazione in prove di laboratorio	configurazione in prove industriali
diametro estrusore (mm)	21	82
lunghezza estrusore in diametri	48	32
geometria delle viti - lunghezza dei blocchi (mm)		
1° blocco trasp.	400÷600	800÷1000
1° blocco mescol.	100	250
2° blocco trasp.	100	100
2° blocco mescol.	100	250
1° blocco controfil.	12,5	50
3° blocco trasp.	100	100
3° blocco mescol.	100	250
2° blocco controfil.	12,5	50
4° blocco trasp.	275÷375	550÷800
profondità filetti (mm)	4	15,5
temperatura vite (°C)	70	70
profili di temperatura cilindro (°C)		
zone di alimentazione	100	60
zone centrali	120÷150	180÷200
zone finali	200÷230	200÷230
testa	230	230
giri vite al minuto	400÷600	250÷500
portata oraria (kg/h)	4÷6	100÷250
potenza assorbita (kW/h)	4÷6	80÷150

BOGGIO Luigi
iscrizione Albo nr 251/BMJ

In entrambi i casi, il materiale ottenuto è stato sottoposto a prove di determinazione del grado di reticolazione, in particolare espresso tramite il contenuto percentuale di gel e la solubilità in toluene.

I risultati ottenuti per i materiali trattati in configurazione di prove di laboratorio sono riportati in tabella 2; i materiali trattati con processo industriale hanno dato valori analoghi (non riportati in dettaglio).

TABELLA 2

Materiale	% contenuto gel	dispersione su film 100 μ m
polietilene reticolato con perossido, prima del trattamento	91	-
polietilene reticolato con perossido, dopo il trattamento	20÷30	buona
polietilene reticolato con silani, prima del trattamento	83	-
polietilene reticolato con silani, dopo il trattamento	25	buona

I risultati sperimentali mostrano che il procedimento secondo l'invenzione ha dato luogo ad una soddisfacente dereticolazione del materiale trattato: infatti, come noto, un materiale reticolato risulta sostanzialmente insolubile in toluene ed ha un contenuto di gel compreso tra 80% e 92%, mentre un materiale non reticolato ha un contenuto di gel praticamente uguale a zero. I materiali trattati secondo l'invenzione presentano dunque una significativa dereticolazione.

È stata anche effettuata una valutazione dello stato termoplastico del materiale riciclato mediante misure dell'indice di termofluidità a 120°C con peso di 21,60 Kg, espresse in grammi estrusi in 10 minuti, ottenendo i risultati riportati in tabella 3.

La variazione dell'indice di termofluidità rilevato dipende dalla natura dei polimeri di partenza: in ogni caso, in base ai valori osservati, i materiali trattati

secondo l'invenzione possono essere considerati sostanzialmente termoplastici.

TABELLA 3

Materiale	indice di termofluidità a 120°C (g estr./10 min)
polietilene reticolato con perossido, prima del trattamento	0
polietilene reticolato con perossido, dopo il trattamento	0,50÷4
polietilene reticolato con silani, prima del trattamento	0
polietilene reticolato con silani, dopo il trattamento	0,50÷9

Infine, sono state valutate alcune caratteristiche meccaniche dei materiali riciclati secondo l'invenzione, utilizzando campioni ricavati da lastre stampate per compressione a 170°C: i risultati sono riportati in tabella 4 e testimoniano dell'ottimo stato di aggregazione del materiale.

TABELLA 4

Materiale	carico di rottura (MPa)	allungamento % a rottura
materiale riciclato da materiali di isolamento polietilenici reticolati con perossidi	9÷12	100÷200
materiale riciclato da materiali di isolamento polietilenici reticolati con silani	10÷12	100÷150

Le prove sono state effettuate con polietileni reticolati con perossidi o con silani: un trattamento equivalente può comunque essere applicato, oltre che a polietileni reticolati con altri processi, anche a copolimeri di etilene reticolati, a copolimeri di etilene vinilacetato reticolati e a copolimeri di etilene alchilacrilato.

Ottimi risultati sono stati conseguiti anche trattando direttamente scarti di materiali polimerici costituiti da miscele di polimeri diversi, provenienti da rivestimenti di cavi elettrici: per esempio, nel caso di strati isolanti per media ed alta tensione, formati da uno strato isolante vero e proprio costituito da polietilene

BOGGIO Luigi
iscrizione Albo nr 251/BMI

reticolato e da ulteriori strati semiconduttori costituiti da copolimeri di etilene alchilacrilato reticolati, sono stati trattati simultaneamente i due materiali diversi, ottenendo alla fine una dereticolazione paragonabile a quella del solo polietilene reticolato.

ESEMPIO 2

Materiali polimerici reticolati sottoposti al trattamento descritto nel precedente esempio 1 sono stati utilizzati in alcune applicazioni industriali al fine di valutarne l'effettiva possibilità di impiego.

In particolare, questi materiali sono stati utilizzati direttamente per realizzare guaine interne di "imbottitura", del tipo normalmente previsto sotto fili e nastri di armatura nei cavi elettrici.

Inoltre, questi materiali sono stati impiegati come componenti polimerici di mescole per riempitivi, previsti per "riempire" i vuoti tra le anime isolate e la guaina esterna dei cavi elettrici, in sostituzione parziale o totale dei polimeri vergini normalmente utilizzati per queste applicazioni.

Sono state utilizzate le formulazioni di mescole specificate in tabella 5 (le composizioni indicate sono espresse in parti in peso per 100 parti di polimero).

TABELLA 5

componente	A	B	C	D
polimeri elastomerici	100	50	50	25
polimeri termoplastici	-	-	50	25
polimeri riciclati	-	50	-	25
carica minerale	500÷1500	500÷1500	500÷1500	500÷1500
oli plastificanti	20÷100	20÷100	20÷100	20÷100
agenti di processo	5÷50	5÷50	5÷50	5÷50

BOGGIO Luigi
Iscrizione Albo nr 251/BM

Per polimeri elastomerici si intendono, per esempio, gomme EPDM, gomme EVA (con VA da 28 a 80%), gomme butiliche, ecc.

Per politeni termoplastici si intendono in particolare polietileni, copolimeri di polietilene con buteni, eseni, otteni, butilacrilati, etilacrilati ecc.

Per cariche minerali si intendono, per esempio, carbonato di calcio, carbonati di calcio e magnesio, alluminio idrato, idrossido di magnesio, talchi, caolino.

Per oli plastificanti si intendono, per esempio, oli naturali e sintetici di natura aromatica o naftenica, esteri ftalici di alcool ottilico, nonilico, decilico, undecilico, ed esteri fosforici.

Per agenti di processo si intendono paraffine solide, acido stearico e suoi sali.

Infine, materiali polimerici reticolati sottoposti al trattamento descritto nel precedente esempio 1 sono stati utilizzati anche come materiali da stampaggio.

In particolare, sono stati considerati un materiale ottenuto da scarti a base di polietilene reticolato con perossido e un materiale ottenuto da scarti a base di una miscela di polietilene reticolato con perossido e polietileni reticolati con agenti silanici, in parti uguali. Entrambi i materiali sono stati stampati per iniezione sotto forma di provette "a manubrio", le quali sono state quindi sottoposte ad usuali prove di determinazione delle proprietà meccaniche.

Per entrambi i materiali è stato osservato un carico di rottura di circa 20 MPa e un allungamento percentuale a rottura di circa il 60%.

Entrambi i materiali presentano un eccellente aspetto della superficie di stampaggio.

BOGGIO Luigi
(iscrizione Albo nr 251/BMI)

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per il riciclaggio di un materiale polimerico reticolato, in particolare proveniente da scarti di lavorazione di materiali di rivestimento di cavi elettrici, caratterizzato dal fatto di comprendere una fase di mescolamento meccanico di detto materiale polimerico reticolato, durante la quale detto materiale polimerico reticolato è assoggettato per un tempo prefissato ad una azione meccanica di mescolamento e a sollecitazioni di taglio di entità superiore a un valore prefissato, tali da determinare la dereticolazione di detto materiale.
2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta fase di mescolamento meccanico è effettuata in un'apparecchiatura di mescolamento continua o discontinua, durante detta fase di mescolamento meccanico essendo fornita a detto materiale tramite detta apparecchiatura di mescolamento una potenza specifica per unità di massa di materiale compresa tra circa 0,5 e circa 1 kW/h per kg di materiale.
3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detta fase di mescolamento meccanico è effettuata in un'apparecchiatura di mescolamento continua, il tempo di permanenza di detto materiale polimerico reticolato all'interno di detta apparecchiatura di mescolamento continua essendo compreso tra circa 20 e circa 60 secondi, durante detta fase di mescolamento meccanico detto materiale essendo sottoposto a sollecitazioni di taglio di valore compreso tra circa 50 e circa 150 s⁻¹.
4. Procedimento secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detta fase di mescolamento meccanico è attuata in un estrusore-mescolatore bivate.
5. Procedimento secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che durante detta fase di mescolamento meccanico detto estrusore-mescolatore è

BOGGIO Luigi
Iscrizione Albo nr 251/BMI

riscaldato in modo da presentare un profilo di temperatura crescente da una propria zona di alimentazione verso una propria testa di estrusione.

6. Procedimento secondo la rivendicazione 4 o 5, caratterizzato dal fatto che detta fase di mescolamento meccanico è attuata in una pluralità di zone distinte e successive di detto estrusore-mescolatore, mantenute a temperature differenti; una prima di dette zone, in corrispondenza della quale viene alimentato a detto estrusore detto materiale polimerico reticolato, essendo mantenuta a una temperatura compresa tra 50°C e 100°C, una seconda zona, posta a valle di detta prima zona, essendo mantenuta a temperatura compresa tra 110°C e 210°C, una terza zona, posta a sua volta a valle di detta seconda zona, essendo mantenuta a temperatura compresa tra 180°C e 240°C; una testa di estrusione di detto estrusore-mescolatore essendo mantenuta a una temperatura compresa tra 200°C e 240°C; le viti di detto estrusore-mescolatore essendo mantenute a una temperatura compresa tra 50°C e 80°C.

7. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 4 a 6, caratterizzato dal fatto che detto estrusore-mescolatore è provvisto di due viti presentanti una pluralità di blocchi filettati aventi passo e angolo di filettatura differenti; almeno uno di detti blocchi filettati essendo provvisto di filettatura ad inclinazione opposta ai rimanenti blocchi filettati.

8. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detta fase di mescolamento meccanico è attuata in un, il tempo di permanenza di detto materiale polimerico reticolato all'interno di detto mescolatore interno discontinuo essendo compreso tra circa 20 e circa 30 minuti.

9. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere inoltre, prima di detta fase di

mescolamento meccanico, una fase di triturazione meccanica di detti materiali polimerici reticolati, fino ad ottenere un materiale polverizzato, avente particelle di dimensione inferiore ad una dimensione prefissata.

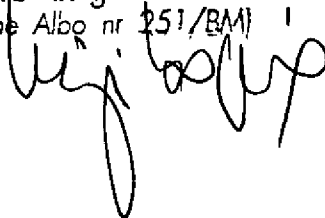
10. Materiale ottenuto per riciclaggio di materiali polimerici reticolati, caratterizzato dal fatto di essere stato ottenuto tramite un procedimento di riciclaggio secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti.

11. Materiale ottenuto da materiali polimerici reticolati sottoposti al procedimento di riciclaggio secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto di presentare un contenuto percentuale di gel inferiore a circa il 30%.

12. Procedimento per il riciclaggio di un materiale polimerico reticolato, in particolare proveniente da scarti di lavorazione di materiali di rivestimento di cavi elettrici, sostanzialmente come descritto con riferimento ai disegni annessi.

p.i.: **ALCATEL ALSTHOM COMPAGNIE GENERALE D'ELECTRICITÉ**

BOGGIO Luigi
(iscrizione Albo nr 251/BM)



BOGGIO Luigi
(iscrizione Albo nr 251/BM)

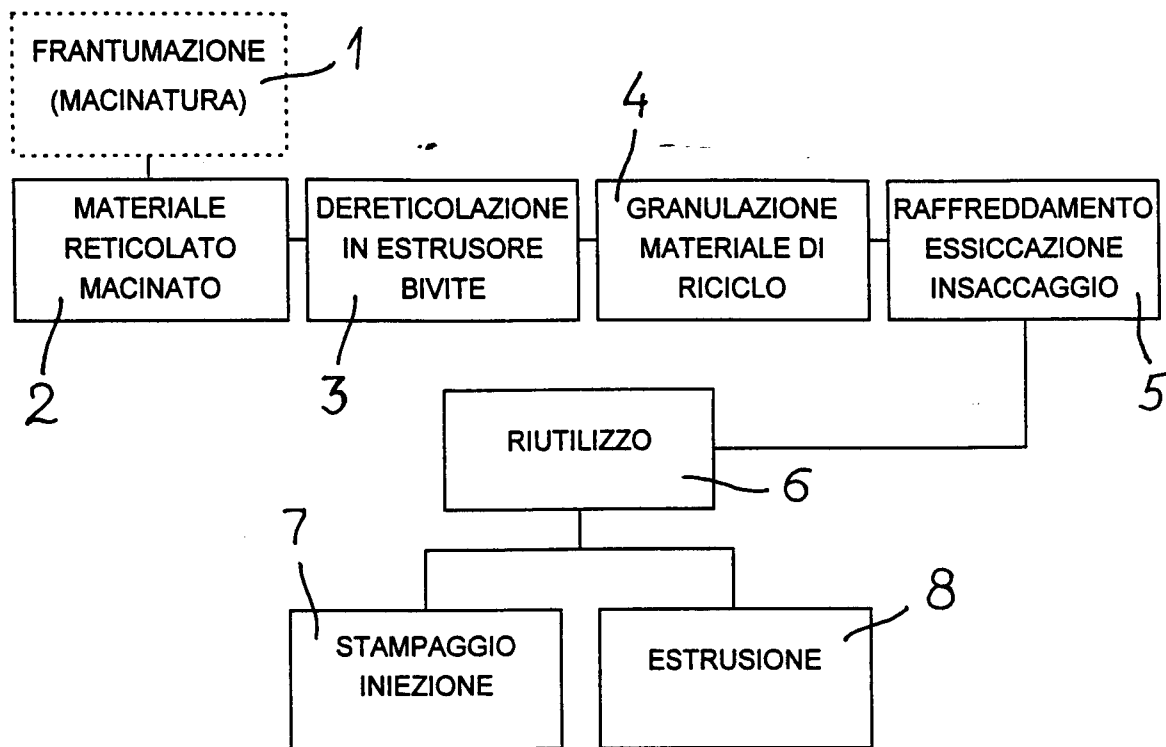


Fig. 1

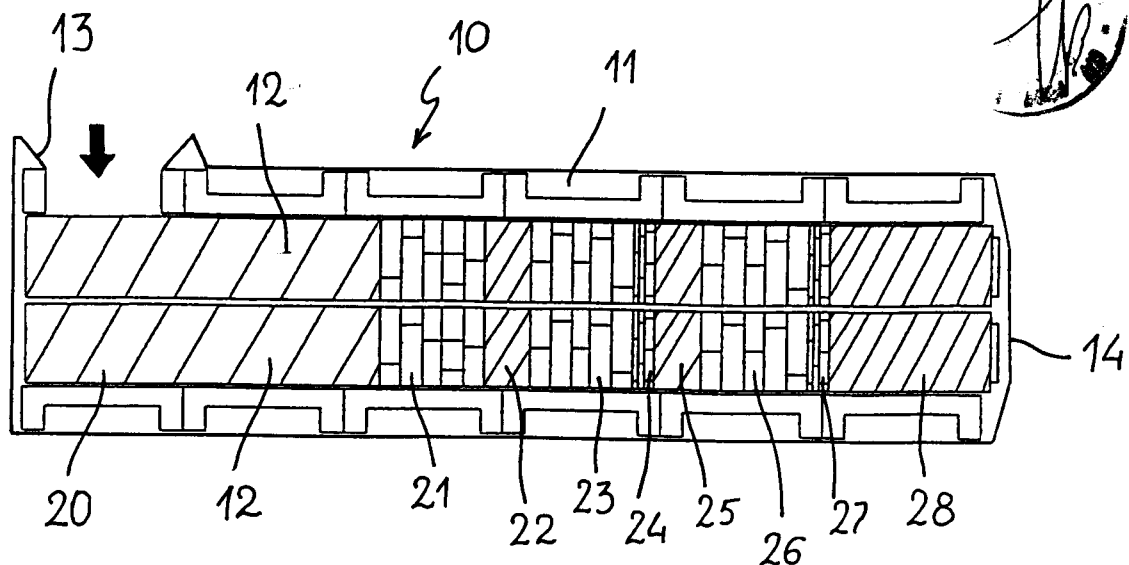


Fig. 2