

Titolo: **"Procedimento per la produzione di un additivo per conglomerati bituminosi con prestazioni meccaniche elevate"**

DESCRIZIONE

Campo di applicazione

5 La presente invenzione si riferisce al settore tecnico della produzione di additivi per conglomerati bituminosi, in altre parole una miscela di polimeri ed additivi che può essere utilizzata nella modifica di conglomerati bituminosi, bitume e prodotti bituminosi, come membrane bituminose, al fine di fornire resilienza alle preparazioni bituminose, adatti alla realizzazione di una pavimentazione stradale.

In particolare, l'invenzione si riferisce ad un procedimento per la produzione di una composizione di additivo per conglomerati bituminosi a partire da materiale plastico di recupero e/o riciclo.

15 Nello specifico, la presente invenzione riguarda altresì una composizione di additivo così ottenibile che consente di migliorare le prestazioni meccaniche del conglomerato bituminoso comprendente tale additivo, nonché prolungare la vita media della pavimentazione stradale realizzata con tale conglomerato bituminoso.

Arte nota

20 Sempre attuale è l'esigenza di sviluppare tecnologie e prodotti il più possibile ecosostenibili, specie nell'ambito della produzione di bitume, asfalti e conglomerati bituminosi, in particolare tramite l'utilizzo di materie prime rinnovabili o a ridotto impatto ambientale.

25 In tale ambito della tecnica è altresì molto sentita l'esigenza di ottimizzare i procedimenti di produzione sia dei conglomerati bituminosi



che dei componenti necessari per la formulazione degli stessi, diminuendo lo sfruttamento complessivo delle materie prime, quindi del carbon footprint attribuibile a tali procedimenti.

Per esempio, un obiettivo desiderabile è lo sviluppo di preparazioni adatte per modificare il bitume vergine a causa della sua sempre più cattiva qualità.

È inoltre noto nell'arte l'utilizzo di additivi per il miglioramento delle prestazioni dei conglomerati bituminosi, del bitume, dei prodotti bituminosi e degli asfalti in genere, per esempio tali additivi possono essere composizioni comprendenti polimeri termoplastici o elastomeri utilizzati per il miglioramento delle proprietà meccaniche del conglomerato bituminoso e dei prodotti bituminosi contenenti tali additivi, come la resistenza alla rottura o la resilienza, in generale, e per la diminuzione degli ammaloramenti nel conglomerato bituminoso, tipicamente usato come manto di copertura per le sedi stradali.

Una composizione di asfalto, comprendente aggregati, un granulato o polverino derivante da scarti di gomma, per esempio di pneumatici, e una miscela di polimeri e co-polimeri termoplastici, così come ulteriori additivi e riempitivi, viene descritta nella domanda di brevetto internazionale WO2015179553.

La domanda US 2009/016325 riguarda una miscela bituminosa ad alte prestazioni comprendente aggregati minerali ricoperti con una composizione di polimeri termoplastici, prevalentemente comprendente polivinilbutirrale.

Nello specifico, tale composizione può comprendere un


polimero termoplastico di recupero o di riciclo, fra cui polivinilbutirrale di riciclo proveniente dal recupero di pannelli di vetro utilizzati nel settore dell'edilizia e cristalli per automobili.

È prevista la mera possibilità di includere in tale composizione polimerica anche poliolefine; tuttavia, non viene fornita nessuna informazione circa specifiche combinazioni di materiali nella composizione di polimero termoplastico.

CN103509356 A riguarda un materiale modificato di miscela di asfalto comprendente i seguenti componenti in parti in peso: 150-200 parti di polietilene, 60-90 parti di copolimero a blocchi di stirene-butadiene-stirene, 16-30 parti di polietilene tereftalato, 50-80 parti di polivinil butirrale e 20-40 parti di un agente riempitivo.

Il metodo per la preparazione di materiale modificato di miscela di asfalto comprende i passaggi di fornire le precedentemente menzionate materie prime, ottenere una miscela di polietilene e del copolimero a blocchi di stirene-butadiene-stirene tramite fusione e granulazione degli stessi, poi miscelazione dei granuli così miscelati con le restanti materie prime tramite fusione e co-estrusione della miscela così ottenuta.

Ad ogni modo, per quanto gli additivi per il miglioramento delle proprietà chimiche e meccaniche degli asfalti in commercio, nonché gli asfalti realizzabili con essi, siano spesso prodotti con attenzione nei confronti dell'impatto ambientale, per esempio utilizzando materiali di scarto da altri processi industriali o materiali di riciclo, i procedimenti per l'ottenimento di tali materiali non sono ancora in grado coniugare al meglio la necessità di diminuire in maniera rilevante l'impatto ambientale



nella produzione di tali additivi con le proprietà meccaniche di pavimentazioni stradali realizzate utilizzando conglomerati bituminosi formulati aggiungendo tali additivi.

5 Un altro svantaggio dell'arte nota è la difficoltà nel produrre additivi della tipologia sopra menzionata tramite tecnologie che consentano di produrre un impasto omogenea, di qualità costante e che possa essere facilmente dosata.

10 Uno svantaggio ulteriore dell'arte nota è la difficoltà di produrre additivi della tipologia sopra menzionata che possano garantire una qualità costante dell'additivo finito.

Infatti, è sempre più sentita la necessità nel trovare una via virtuosa per lo smaltimento e il riutilizzo di materiale plastico di scarto o rifiuto, sia non riciclabile che riciclabile.

15 In particolare, in Europa, e non solo, è sempre più sentita la necessità di trovare una destinazione alternativa per rifiuti del tipo sopramenzionato dato che da una parte in molte aree del continente non è presente un numero sufficiente di impianti per il recupero di tali rifiuti e/o per la loro termovalorizzazione, dall'altra si vuole ricercare un riutilizzo degli stessi con un impatto ambientale inferiore rispetto
20 all'incenerimento o allo smaltimento in discarica.

Inoltre, bisogna considerare che il quantitativo percentuale di plastiche di riciclo rispetto alla plastica vergine utilizzata per la realizzazione di articoli di largo consumo non è proporzionale con l'aumento dei volumi di plastica riciclata e selezionata grazie ad un
25 sempre più efficiente sistema di raccolta differenziata.

Di conseguenza, la plastica residua da queste valorizzazioni o simili, così come la quota di plastica non riciclata, viene necessariamente smaltita tramite termovalorizzazione, invio in discarica o, meno frequentemente, per la produzione di combustibili alternativi.

5 Alla luce della tecnica nota sopra discussa, il problema alla base della presente invenzione è stato quello di sviluppare un procedimento per la produzione di una composizione di additivo per conglomerati bituminosi a partire da materiale plastico di rifiuto, che prevedesse il riutilizzo di una ampia varietà di materiali di rifiuto e che
10 fosse maggiormente sostenibile dal punto di vista ambientale, nonché che permettesse di ottenere una composizione ad alto valore aggiunto, particolarmente adatta all'uso come additivo per la formulazione di miscele di conglomerato bituminoso altamente performanti.

Sommario dell'invenzione

15 Tale problema è stato risolto tramite un procedimento per la produzione di una composizione di additivo destinata ad essere miscelata in un conglomerato bituminoso, bitume o altri prodotti bituminosi per pavimentazione stradale, comprendente le fasi seguenti:

a) mettere a disposizione un materiale misto di rifiuto
20 contenente una miscela di materiali plastici, in cui tale miscela di materiali plastici comprende almeno un materiale plastico a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico;

b) macinare tale materiale misto di rifiuto fino a raggiungere una dimensione particellare fra 40 mm e 80 mm, preferibilmente una
25 dimensione particellare pari a circa 60 mm;



c) lavare tale materiale misto di rifiuto così macinato e separare in maniera controllata una porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica da tale materiale misto di rifiuto, in cui tale porzione di materiale plastico comprende tale almeno un materiale
5 plastico a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico;

d) macinare tale porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica fino a raggiungere una dimensione particellare fra 10 mm e 20 mm, preferibilmente dimensione particellare fra 12 mm e 15 mm; e,

10 e) miscelare a temperatura ambiente tale porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica così macinata con un materiale a base di polivinilbutirrale (PVB) e macinare la miscela così ottenuta, in modo da ottenere una composizione granulare e pronta all'uso di additivo avente una dimensione particellare fra 4 mm e 6 mm,
15 e avente un indice di fluidità di massa superiore a o uguale a 1 g/10 min, preferibilmente fra 1,5 g/10 min e 2,5 g/10 min, come calcolato secondo la metodica ISO 1133 ad una temperatura di 190°C con un carico di 2,16 kg,

in cui tale fase c) di lavaggio e separazione viene effettuata
20 tramite una tecnica di separazione per densità, selezionando così un valore limite di densità predeterminato e separando da tale materiale misto di rifiuto detta porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica che è inferiore o uguale rispetto a tale valore limite predeterminato, detta densità media caratteristica essendo inferiore o
25 uguale a 1,0 kg/m³, come calcolato secondo la procedura DIN 55990.

Ai sensi della presente invenzione con l'espressione "materiale misto di rifiuto" si intende un miscuglio di residui solidi e in forma grossolana, ossia residui solidi aventi una dimensione particellare generalmente superiore o uguale a 60 mm, in cui tale miscuglio
5 comprende residui solidi comprendenti a loro volta uno o più materiali plastici, eventualmente tale miscuglio comprende residui solidi costituiti da materiali compositi, ossia contenenti un materiale plastico e un materiale solido di natura chimica differente, per esempio carta, cartone o metallo, per esempio alluminio.

10 In particolare, tale materiale misto di rifiuto può comprendere residui solidi fatti di materiale plastico, che derivano da rifiuti solidi urbani o da lavorazioni industriale o artigianale di articoli in materiale plastico o una qualsiasi combinazione di questi, tali residui solidi essendo non recuperati o non recuperabili nelle filiere del riciclo di materiali
15 plastici, per esempio comprendenti PVB derivante dalla macinazione di parabrezza e doppi-vetri.

Nello specifico, tali residui di materiale plastico, ossia la parte maggiore della plastica recuperata, possono derivare da rifiuti comprendenti le cosiddette "plastiche dure", ossia materiali plastici solidi
20 e rigidi, generalmente non recuperati né recuperabili nelle filiere del recupero di materiali plastici, come giocattoli, penne, pennarelli e materiale da cancelleria in materiale plastico, ciabatte, bidoni e cestini in plastica, cassette per la frutta, tubi, tavolini e sedie in plastica, mobili da giardino, secchi, catini e bacinelle, custodie per musicassette, CD, DVD,
25 videocassette e altri articoli simili. Tali articoli vengono normalmente

raccolti insieme ai rifiuti indifferenziati nella raccolta dei rifiuti solidi urbani porta a porta o insieme ai rifiuti ingombranti nelle piattaforme ecologiche comunali.

In accordo con la presente invenzione, tali residui di materiale
5 plastico possono derivare da rifiuti precedentemente privati totalmente o parzialmente di residui costituiti da polivinilcloruro e da materiali estranei non desiderati come carta, cartone, legno, tessili, metallo o vetro.


In ogni caso, tale materiale misto di rifiuto può comprendere
10 una quantità minoritaria di residui solidi costituiti da materiali diversi dalla plastica, per esempio carta, cartone, legno, metallo o vetro.

In definitiva, il presente procedimento permette di recuperare e riutilizzare tale materiale misto di rifiuto normalmente smaltito in discarica o inviato all'inceneritore, ottenendo un notevole vantaggio dal punto di vista ambientale.

15 Poi, secondo la presente invenzione, l'espressione "almeno un materiale plastico comprendente/ a base di un polimero termoplastico" significa un materiale plastico (cioè plastica) che comprende catene polimeriche legate da interazioni intermolecolari, cioè forze di van der Waals, formanti strutture lineari o ramificate; in particolare, a causa della
20 loro struttura chimica, sotto riscaldamento, sono rammollite o fuse, poi modellate, formate, saldate, e solidificate quando raffreddate.

Secondo la presente invenzione, il termine "temperatura ambiente" significa la temperatura dell'ambiente esterno nel quale le operazioni sono eseguite.

25 In altre parole, la già menzionata fase e) viene eseguita senza



fornire calore aggiuntivo al materiale così miscelato, se non il calore potenziale trascurabile proveniente dall'ambiente esterno.

Per esempio, detta temperatura ambiente può essere compresa fra 2°C e 45°C, in particolare fra 15°C e 25°C.

5 Infine, ai sensi della presente invenzione con il termine “dimensione particellare” si intende un intervallo numerico che comprende il valore minimo e il valore massimo del diametro dei granuli/scaglie che costituiscono il materiale misto di rifiuto, il materiale plastico di tale porzione di materiale plastico e la composizione di additivo
10 ottenibile tramite il procedimento secondo la presente invenzione.

Vantaggiosamente, il procedimento secondo la presente invenzione consente di produrre una composizione di additivo, la quale può essere aggiunta ad una miscela di conglomerato bituminoso, bitume o altri prodotti bituminosi.

15 Preferibilmente, il processo secondo la presente invenzione consente di produrre una composizione di additivo che può essere aggiunta ad una miscela di conglomerato bituminoso ottenendo una miscela di conglomerato bituminoso altamente performante.

Infatti, quando la miscela di conglomerato bituminoso
20 contenente la composizione di additivo ottenibile tramite il procedimento secondo la presente invenzione viene utilizzata per la realizzazione di una pavimentazione stradale, quest'ultima presenta caratteristiche meccaniche migliorate rispetto ad una pavimentazione stradale realizzata con una miscela di conglomerato bituminoso priva della presente
25 composizione di additivo.

In particolare, la miscela di conglomerato bituminoso così ottenibile presenta migliorate caratteristiche chimico-fisiche, specialmente in termini di consistenza, rispetto a prodotti simili che vengono tipicamente utilizzati per lo stesso scopo.

5 Coerentemente, la sopramenzionata formulazione granulare di additivo è pronta all'uso, che significa che essa può essere facilmente dispersa negli ulteriori ingredienti necessari per la formulazione di una miscela di conglomerato bituminoso, fra i quali bitume e aggregati, determinando un vantaggio in termini di praticità di utilizzo della
10 composizione di additivo, nonché – proprio grazie alla sua elevata omogeneità e distribuzione nella miscela di conglomerato, la miscela di additivo permette di ottenere una pavimentazione stradale con caratteristiche meccaniche migliorate utilizzando una miscela di conglomerato così modificata.

15 In altre parole, non è obbligatorio sottoporre la composizione di additivo della presente invenzione a riscaldamento, fusione ed estrusione al fine di ottenere granuli estrusi comprendenti una miscela di sia detto materiale plastico avente una densità media caratteristica sia detto
20 materiale a base di polivinilbutirrale con caratteristiche di qualità costante ed omogenea.

In particolare, la sopra menzionata composizione granulare di additivo può essere direttamente dispersa negli ingredienti ulteriori necessari per la formulazione della miscela di conglomerato bituminoso grazie alla presenza di tale materiale plastico, così selezionato durante
25 detta fase c) e avente detta densità media caratteristica, una proprietà

che è anche strettamente correlata alle proprietà di transizione di fase del materiale plastico stesso.

Infatti, l' almeno un polimero termoplastico a base poliolefinica compreso nel materiale plastico della porzione così selezionata durante la fase c) presenta un punto di rammollimento compreso fra 120-180°C e, dunque, può essere aggiunto direttamente agli aggregati e al bitume, tramite il cosiddetto "metodo dry" (che non richiede la miscelazione a caldo delle termoplastiche e degli altri modificanti con il bitume prima dell'aggiunta agli aggregati), durante la produzione di conglomerato bituminoso.

Vantaggiosamente, la miscela di additivo ottenibile tramite il presente procedimento può quindi essere efficacemente miscelata con bitume e gli aggregati a caldo, dunque già in fase di formulazione del conglomerato bituminoso.

Diversamente, in accordo con il tradizionale "metodo wet", gli additivi di tipo convenzionale vengono necessariamente miscelati dapprima con il solo bitume ad una temperatura più elevata, solitamente ad una temperatura superiore a 180°C, per esempio fra 180-200°C. Il bitume così miscelato con l'additivo viene quindi normalmente mantenuto in temperatura fino alla successiva miscelazione con gli aggregati, così da ottenere il conglomerato bituminoso pronto per la posa sulla sede stradale.

Allo stesso tempo, l' almeno un polimero poliolefinico termoplastico compreso nel materiale plastico della porzione così selezionata durante la fase c) presenta un punto di fusione (T_m) compreso

ITR003ESM

fra 120-165°C, come calcolato tramite temperatura differenziale a scansione (DSC) secondo la metodica ASTM D3418.

Diversamente, la densità media della plastica compresa in detta miscela di materiali plastici, contenuta in detto materiale di misto di rifiuto prima che la sopra menzionata porzione di materiale plastico venga separata durante detta fase c), è tipicamente compresa fra 1,5-2 kg/m³, come calcolato secondo la metodica DIN 55990.

Coerentemente, il punto di fusione (T_m) della plastica compresa in detta miscela di materiali plastici, contenuta in detto materiale misto di rifiuto prima che la sopra menzionata porzione di materiale plastico venga separata durante detta fase c), è compresa fra 40-250°C, come calcolato tramite temperatura differenziale a scansione (DSC) secondo la metodica ASTM D3418.

Naturalmente, secondo un uso alternativo, la sopra menzionata composizione granulare di additivo può essere allo stesso modo dispersa negli ingredienti ulteriori necessari per la formulazione di un bitume o altre miscele bituminose in virtù della presenza di tale materiale plastico, così selezionato durante la fase c) e avente ugualmente detta densità media caratteristica.

In particolare, se la sopra menzionata composizione granulare di additivo viene utilizzata nella modifica diretta del bitume o in altri processi dove viene utilizzato bitume, come membrane bituminose, essa si disperde più facilmente rispetto a prodotti simili già noti, grazie alla sua temperatura di rammollimento più bassa (e al suo specifico valore di MFI).

In particolare, nel materiale misto di rifiuto in tale fase a), tale polimero termoplastico di tipo poliolefinico è scelto fra polietilene, un copolimero di polietilene, polipropilene, un copolimero di polipropilene o una qualsiasi combinazione di questi materiali.

5 Più preferibilmente, il polietilene può essere polietilene ad alta densità e/o polietilene a bassa densità.

Nel materiale misto di rifiuto in tale fase a), tale miscela di materiali plastici può comprendere materiali plastici comprendenti almeno un polimero selezionato fra polietilene tereftalato, acrilonitrile
10 butadiene stirene (ABS), policarbonato, polistirene, poliuretano e una qualsiasi combinazione di questi.

In definitiva, la miscela di additivo ottenibile tramite il presente procedimento determina una maggiore praticità d'uso, un risparmio dal punto di vista energetico e caratteristiche chimiche e fisiche finali
15 omogenee e più costanti rispetto alle miscele di additivo tradizionali.

La miscela di additivo ottenibile tramite il presente procedimento richiede inoltre un tempo di fusione e miscelazione ridotto, permettendo di miscelare i materiali che compongono il conglomerato bituminoso in tempi che non superano il minuto, così da poter essere
20 immediatamente stesi sulla sede stradale.

Preferibilmente, tale materiale misto di rifiuto viene precedentemente sottoposto ad una fase preliminare di separazione durante la quale vengono eliminate eventuali frazioni in polivinilcloruro (PVC) e/o frazioni in materiali non desiderati fra cui carta, cartone, legno,
25 tessili, metallo o vetro.



In via altrettanto preferita, in tale fase b) di macinazione, una volta macinato, tale materiale misto di rifiuto viene sottoposto ad un'operazione di separazione di una componente metallica eventualmente compresa in esso, più preferibilmente tale operazione di separazione della componente metallica da tale materiale misto di rifiuto così macinato comprende un primo passaggio di separazione per via magnetica (deferrizzazione) ed un secondo passaggio di separazione della componente metallica non ferrosa.

Come sopra menzionato, tale fase c) di lavaggio e separazione viene effettuata tramite una tecnica di separazione per densità, selezionando un valore limite di densità predeterminato e separando da tale materiale misto di rifiuto una porzione di materiale plastico avente una densità media inferiore o uguale rispetto a tale valore limite.

In particolare, come si vedrà in seguito in riferimento alla descrizione dettagliata, durante tale fase c) di lavaggio e separazione effettuata tramite una tecnica di separazione per densità, i materiali plastici selezionati di tale materiale misto di rifiuto possono essere separati per decantazione, utilizzando una soluzione avente una densità pari ad un valore prefissato.

Nello specifico, tale separazione per densità viene effettuata utilizzando una soluzione acquosa avente una densità uguale ad un valore prefissato che è compreso fra il valore di densità di tale almeno un materiale plastico a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico compreso in tale porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica di tale miscela di materiali plastici e i valori di densità dei

materiali compresi in tale materiale misto di rifiuto con valore di densità superiore rispetto alla densità di tale almeno un materiale plastico a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico.

In questo modo, in tale fase c) di lavaggio e separazione, risulta
5 possibile separare efficacemente e in maniera precisa tale porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica da materiale misto di rifiuto privato di tale porzione di materiale plastico.

In funzione dell'applicazione della composizione di additivo desiderata, per esempio in funzione della specifica tipologia di
10 conglomerato bituminoso che può essere ottenuto tramite l'utilizzo della composizione di additivo, in tale fase c) di lavaggio e separazione detto valore limite di densità predeterminato viene selezionato e viene separata una porzione di materiale plastico, che presenta una densità media che è inferiore o uguale rispetto a tale valore limite, in cui tale densità media
15 caratteristica è compresa fra $0,7 \text{ kg/m}^3$ e $0,9 \text{ kg/m}^3$, come calcolata in accordo con la procedura DIN 55990.

Secondo una forma di realizzazione preferita, in tale porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica, così separata in tale fase c) di lavaggio e separazione, l'almeno un materiale plastico è
20 a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico selezionato nel gruppo comprendente polietilene, un copolimero di polietilene, polipropilene, un copolimero di polipropilene o una qualsiasi miscela di questi.

Preferibilmente, detta porzione di materiale plastico avente una
25 densità media caratteristica può comprendere detto almeno un materiale

ITRO03ESM

plastico a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico in una
quantità superiore o uguale a 75% in peso sul peso totale di tale porzione
di materiale plastico, più preferibilmente in una quantità superiore o
uguale a 80% in peso sul peso totale di tale porzione di materiale plastico,
5 ancora più preferibilmente in una quantità superiore o uguale a 85% in
peso sul peso totale di tale porzione di materiale plastico, in via del tutto
preferita in una quantità superiore o uguale a 90% in peso sul peso totale
di tale porzione di materiale plastico.

In via altrettanto preferita, tale porzione di materiale plastico
10 avente una densità media caratteristica, così separata in tale fase c) di
lavaggio e separazione, può comprendere polistirene e/o poliuretano in
una quantità inferiore o uguale a 15% in peso sul peso totale di tale
porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica,
preferibilmente inferiore o uguale a 10% in peso sul peso totale di tale
15 porzione di materiale plastico, più preferibilmente inferiore o uguale a 5%
in peso sul peso totale di tale porzione di materiale plastico.

Secondo una forma di realizzazione preferita, in tale fase c) di
lavaggio e separazione a tale materiale misto di rifiuto può essere
aggiunta e miscelata una seconda miscela di materiali plastici
20 comprendente almeno un materiale plastico a base di un polimero
termoplastico di tipo poliolefinico, preferibilmente detta seconda miscela
comprende un quantitativo pari ad almeno 75% in peso sul peso totale
di tale almeno un materiale plastico a base di un polimero termoplastico
di tipo poliolefinico , più preferibilmente un quantitativo pari ad almeno
25 l'80% in peso sul peso totale , ancora più preferibilmente un quantitativo

pari ad almeno l'85% in peso sul peso totale della seconda miscela.

In accordo con la presente invenzione, tale seconda miscela di materiali plastici comprende residui in materiale plastico derivanti da rifiuti recuperabili, in particolare residui da lavorazione di rifiuti che sono
5 riciclabili e sono recuperati tramite la raccolta differenziata.

Nello specifico, tali residui in materiale plastico derivanti da rifiuti recuperabili sono normalmente smaltiti e recuperati nella raccolta differenziata della plastica e destinati alla filiera del riciclo, come
10 imballaggi in plastica, imballaggi misti, per esempio film composti in materiale plastico o materiale poliaccoppiato, e loro miscele.

Preferibilmente, in tale fase c) di lavaggio e separazione, tale seconda miscela di materiali plastici comprende materiali plastici comprendenti almeno un polimero scelto fra polietilene, un copolimero di polietilene, polipropilene, un copolimero di polipropilene, polietilene
15 tereftalato, polistirene, polietilacrilato (PEA), polimetilacrilato (PMA), polibutilacrilato (PBA) o una qualsiasi combinazione di questi.

In via del tutto preferita, tali residui di materiale plastico compresi in tale seconda miscela di materiali plastici possono essere scarti provenienti da procedimenti di recupero di rifiuti riciclabili in
20 materiale plastico o materiale poliaccoppiato, smaltiti e recuperati nella raccolta differenziata della plastica.

In via ugualmente preferita, tali residui di materiale plastico compresi in tale seconda miscela possono essere sfridi di lavorazione industriale e/o artigianale di articoli in materiale plastico.

25 In via del tutto preferita, tale seconda miscela di materiali

plastici viene aggiunta a detto materiale misto di rifiuto in una quantità fra il 5-35% in peso sul peso di tale materiale misto di rifiuto, preferibilmente in una quantità fra il 10-30% in peso sul peso di tale materiale misto di rifiuto.

5 Vantaggiosamente, il presente procedimento può prevedere quindi la possibilità di aggiungere in tale fase c) una porzione ulteriore di materiale di rifiuto, ossia tale seconda miscela di materiali plastici, a tale materiale misto di rifiuto, così da permettere il riutilizzo di materiali che vengono spesso normalmente smaltiti in discarica o inviati
10 all'inceneritore, ottenendo un ulteriore vantaggio dal punto di vista ambientale.

Vantaggiosamente, aggiungendo tale seconda miscela di materiali plastici in tale fase c), risulta possibile ottenere una composizione di additivo arricchita con materiali plastici, eventualmente
15 non compresi in tale materiale misto di rifiuto. In questo modo, a seconda delle necessità di applicazione, per esempio a seconda delle proprietà meccaniche che si desidera posseda la miscela di conglomerato bituminoso alla quale può essere aggiunta tale composizione, in tale fase
20 c) può essere aggiunta una seconda miscela di materiali plastici con una determinata composizione.

Preferibilmente, tale fase d) di macinazione della porzione di materiale plastico viene effettuata tramite granulazione in acqua, eventualmente tramite un mulino macinatore ad acqua.

Preferibilmente, in tale fase e) di macinazione e miscelazione,
25 tale materiale a base di polivinilbutirrale con il quale tale porzione di

ITRO03ESM

materiale plastico viene miscelata presenta una dimensione particellare compresa fra 10 mm e 20 mm, preferibilmente fra 12 mm e 15 mm.

Secondo una forma di realizzazione preferita, tale materiale a base di polivinilbutirrale aggiunto in tale fase e) a tale porzione di materiale plastico può comprendere polivinilbutirrale (PVB) in una quantità superiore o uguale a 80% in peso sul peso totale di tale materiale a base di polivinilbutirrale, preferibilmente in una quantità superiore o uguale a 90% in peso sul peso totale di tale materiale a base di polivinilbutirrale, più preferibilmente in una quantità superiore o uguale a 95% in peso sul peso totale di tale materiale a base di polivinilbutirrale.

In via altrettanto preferita, in tale fase e) di macinazione e miscelazione, tale materiale a base di polivinilbutirrale con il quale tale porzione di materiale plastico viene miscelata è un materiale di recupero a base di polivinilbutirrale.

Preferibilmente, tale materiale di recupero a base di polivinilbutirrale deriva da articoli di rifiuto post-consumo fra cui parabrezza di autoveicoli, doppi vetri di abitazioni, vetri termici, vetri di sicurezza e/o deriva da sfridi (o ritagli) da lavorazioni industriali per la produzione degli articoli appena menzionati, più preferibilmente deriva da parabrezza di autoveicoli.

Più preferibilmente, tale materiale di recupero a base di polivinilbutirrale può comprendere altresì elastomeri fra cui gomma naturale, schiuma di stirene e butadiene, gomma di monomero etilene-propilene diene (EPDM), gomma nitrilica (gomma di nitrile e butadiene, NBR) o una qualsiasi combinazione di questi.

Alternativamente, in tale fase e) di macinazione e miscelazione, tale materiale a base di polivinilbutirrale è polivinilbutirrale vergine o una miscela fra il sopramenzionato materiale di recupero e polivinilbutirrale vergine.

5 Vantaggiosamente, il procedimento secondo la presente invenzione permette dunque di recuperare materiali di scarto derivanti dai sopramenzionati articoli di rifiuto da trattamento di rifiuti di vetro o da sostituzione di parabrezza di automobili, i quali normalmente vengono inviati alla termovalorizzazione in quanto la presenza di discrete
10 percentuali di vetro ne rende difficile il recupero, determinando un vantaggio non solo dal punto di vista meramente economico che sarebbe altrimenti richiesto per lo smaltimento tramite termovalorizzazione, ma anche ambientale.

Inoltre, il presente procedimento permette di ottenere una
15 composizione di additivo del tipo sopramenzionato, altamente performante, in grado di conferire spiccate caratteristiche di resilienza al conglomerato bituminoso al quale viene aggiunto nell'uso grazie all'azione diretta del polivinilbutirrale.

Inoltre, in maniera analoga al materiale plastico contenuto in
20 tale porzione di materiale plastico, il polivinilbutirrale consente di aumentare i valori di resilienza della pavimentazione stradale costruita con il sopramenzionato conglomerato bituminoso.

In accordo con una forma di realizzazione del presente
procedimento, prima di essere miscelato con tale porzione di materiale
25 plastico in tale fase e) di macinazione e miscelazione, tale materiale di

recupero a base di polivinilbutirrale viene sottoposto ai seguenti passaggi:

5 - effettuare una macinazione preliminare di articoli di rifiuto post-consumo o sfridi da lavorazioni industriali comprendenti polivinilbutirrale (PVB) fino ad una dimensione particellare inferiore o uguale a 30 mm;

10 - separare da tali articoli di rifiuto così macinati residui di vetro, così da ottenere un materiale di recupero a base di polivinilbutirrale (PVB) comprendente una quantità in vetro inferiore o uguale al 10% in peso di tale materiale di recupero, preferibilmente inferiore o uguale al 7% in peso di tale materiale di recupero, più preferibilmente inferiore o uguale al 5% in peso di tale materiale di recupero;

15 - macinare tale materiale di recupero fino ad ottenere una dimensione particellare compresa fra 10 mm e 20 mm, preferibilmente fra 12 mm e 15 mm.

20 In via ugualmente preferita, tale materiale a base di polivinilbutirrale viene aggiunto a tale porzione di materiale plastico in una quantità pari al 5-25% in peso sul peso di tale porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica, preferibilmente pari a 10-20% in peso sul peso di tale porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica.

25 In questo modo, il procedimento secondo la presente invenzione permette di recuperare tale materiale di recupero a base di polivinilbutirrale (PVB), ottenendo una composizione di additivo del tipo sopramenzionato altamente performante, comprendente un quantitativo assolutamente minimo di vetro, il quale non pregiudica la lavorabilità

della miscela di conglomerato bituminoso alla quale la presente composizione di additivo viene aggiunta, né le caratteristiche meccaniche della pavimentazione stradale ottenibile con tale miscela di conglomerato bituminoso.

5 Preferibilmente, il presente procedimento comprende la fase ulteriore di essiccare la sopramenzionata composizione di additivo.

 In via ugualmente preferita, il procedimento dell'invenzione comprende ulteriormente la fase di miscelare tale composizione di additivo con un composto modificante, preferibilmente in cui tale
10 composto modificante è scelto fra grafene, un attivante di adesione, un agente rigenerante, un plastificante, lignina o una qualsiasi combinazione di questi.

 In via del tutto preferita, tale composto modificante può essere un composto di origine sintetica, minerale o vegetale.

15 Ai sensi della presente invenzione, con il termine "grafene" si intende un materiale carbonioso con struttura bidimensionale a strati monoatomici di carbonio a matrice esagonale, in cui ciascun atomo di carbonio è legato covalentemente ad altri tre atomi di carbonio e attraverso forze di van der Waals agli atomi degli strati adiacenti, nonché
20 si intende qualunque derivato funzionalizzato di tale materiale carbonioso, per esempio grafene ossido, ossia grafene parzialmente funzionalizzato con gruppi comprendenti ossigeno.

 Preferibilmente, il grafene utilizzato in accordo con il procedimento della presente invenzione presenta una densità apparente
25 compresa fra 2 e 100 g/dm³, più preferibilmente fra 10 e 70 g/dm³; allo

stesso tempo, il grafene utilizzato nella composizione di additivo secondo la presente invenzione presenta un'area superficiale compresa fra 10 e fra 300 m²/g.

5 Tale area superficiale è misurata tramite un metodo BET per assorbimento di gas inerte (azoto), in particolare secondo la procedura ISO 9277:2010.

10 Inoltre, le dimensioni laterali degli strati del grafene utilizzato in accordo con il procedimento secondo la presente invenzione sono inferiori a 200 µm, preferibilmente inferiori a 100 µm, più preferibilmente inferiori a 50 µm.

 In accordo con una forma di realizzazione preferita, il grafene in accordo con il procedimento secondo la presente invenzione è grafene di riciclo, grafene vergine o una miscela fra grafene di riciclo e grafene vergine.

15 In maniera del tutto vantaggiosa, quando alla sopramenzionata composizione di additivo ottenibile tramite il procedimento secondo la presente invenzione viene aggiunto grafene, si ottiene una composizione di additivo ancora più performante. In particolare, il grafene consente di aumentare i valori di resilienza e, più in generale, le proprietà meccaniche
20 della pavimentazione stradale costruita con un conglomerato bituminoso al quale tale composizione di additivo comprendente grafene viene addizionata.

 Secondo una forma di realizzazione preferita dell'invenzione, il presente procedimento comprende le seguenti fasi ulteriori:

25 - alimentare la sopramenzionata composizione di additivo in un

ITRO03ESM

estrusore, preferibilmente in un estrusore bivate;

- scaldare tale composizione di additivo ad una temperatura predefinita;

- estrudere e raffreddare tale composizione di additivo così da
5 ottenere una composizione di additivo in forma di granuli estrusi con una
dimensione particellare fra 1,85 mm e 4,5 mm, preferibilmente fra 2 mm
e 4 mm.

Vantaggiosamente, in accordo con quest'ultima forma di
realizzazione, il procedimento secondo la presente invenzione permette di
10 mettere a disposizione una formulazione di additivo in forma di granuli
aventi una dimensione pratica nell'uso, in particolare in termini delle
proprietà di scorrimento della formulazione e della sua velocità di
erogazione al momento dell'aggiunta alla miscela di conglomerato
bituminoso.

15 Secondo una forma di realizzazione alternativa, il presente
procedimento comprende la fase ulteriore di macinare ulteriormente la
sopramenzionata composizione di additivo, così da ottenere una
composizione di additivo in forma di granuli fini con una dimensione
particellare compresa fra 0,85 mm e 2,5 mm, preferibilmente fra 1 mm e
20 2 mm.

Vantaggiosamente, in accordo con quest'ultima forma di
realizzazione, il procedimento secondo la presente invenzione permette di
mettere a disposizione una formulazione di additivo per la formulazione
di conglomerati bituminosi ad elevate prestazioni. La composizione di
25 additivo può essere efficacemente miscelata con gli ulteriori ingredienti

necessari per la formulazione di conglomerati bituminosi, quali bitume e aggregati.

Infatti, la sopramenzionata formulazione di additivo in forma di granuli fini risulta ancora più facilmente disperdibile negli ulteriori
5 ingredienti necessari per la formulazione di una miscela di conglomerato bituminoso, fra i quali bitume e aggregati.

Inoltre, la sopramenzionata formulazione di additivo in forma di granuli fini risulta in ogni caso di sicura manipolazione perché esente da polveri fini suscettibili di essere inalate dagli operatori che la
10 utilizzano.

Preferibilmente, la sopramenzionata fase ulteriore di macinare la composizione di additivo così da ottenere una composizione di additivo in forma di granuli fini può comprendere un passaggio di vagliatura, così da eliminare la frazione di granuli di additivo con un diametro inferiore o
15 uguale a circa 0,85 mm.

In via altrettanto preferita, una volta ottenuta la sopramenzionata composizione di additivo in forma di granuli estrusi o in forma di granuli fini, il procedimento dell'invenzione può comprendere una fase ulteriore di aggiungere alla composizione di additivo un
20 composto modificante, in cui tale composto modificante è scelto fra grafene, un attivante di adesione, un agente rigenerante, un plastificante, lignina o una qualsiasi combinazione di questi.

In via del tutto preferita, tale composto modificante può essere un composto di origine sintetica, minerale o vegetale.

25 Secondo una forma di realizzazione maggiormente preferita

dell'invenzione, il procedimento secondo la presente invenzione comprende le seguenti fasi ulteriori:

- dosare una predeterminata quantità della sopramenzionata composizione di additivo in forma di granuli fini e compattarla;

5 - ricoprire la composizione di additivo così compattata con una pellicola in materiale plastico a base di un polimero termoplastico, preferibilmente in cui tale materiale plastico è polietilene, di modo da ottenere una capsula.

Preferibilmente, la sopramenzionata fase di dosaggio
10 comprende un passaggio di aggiungere alla composizione di additivo una quantità predeterminata di un composto modificante in forma liquida, più preferibilmente in cui quest'ultimo è scelto fra un attivante di adesione, un agente rigenerante, un plastificante, lignina o una qualsiasi combinazione di questi.

15 In via del tutto preferita, tale composto modificante può essere un composto di origine sintetica, minerale o vegetale, per esempio tale plastificante può essere un olio di origine vegetale, più nello specifico tale olio di origine vegetale può essere un estere di acido grasso o una miscela di esteri di acidi grassi.

20 Più preferibilmente, durante tale fase di dosaggio tale predeterminata quantità di composizione di additivo è compresa fra 10 g e 20 g.

In altre parole, in accordo con questa forma di realizzazione preferita del presente procedimento risulta possibile ottenere una
25 capsula comprendente tale composizione di additivo in granuli fini

ricoperta da una pellicola di materiale plastico.

Vantaggiosamente, tale formulazione di additivo in forma di capsule risulta particolarmente adatta per la formulazione di conglomerati bituminosi ad elevate prestazioni; infatti, tale capsula può essere efficacemente aggiunta per miscelazione con gli ulteriori ingredienti necessari per la formulazione di conglomerati bituminosi, quali bitume e aggregati.

In particolare, quando tale composizione di additivo in forma di capsule viene aggiunta a bitume e aggregati riscaldati, tale pellicola di materiale plastico viene opportunamente fusa e disgregata permettendo ai granuli dell'additivo di essere efficacemente dispersi direttamente nella formulazione di conglomerato bituminoso in fase di miscelazione.

Tale operazione di dispersione direttamente nella formulazione di conglomerato contempla tempi ridotti, generalmente inferiori o uguali a 60 secondi, rispetto ai procedimenti di dispersione in bitume degli additivi secondo l'arte nota, determinando un notevole vantaggio non solo pratico, ma anche un considerevole risparmio energetico e di costi.

Inoltre, proprio grazie alla sua forma in capsule comprendenti una predeterminata quantità di composizione di additivo opportunamente dosata, quest'ultima forma di realizzazione permette di mettere a disposizione un additivo per conglomerati bituminosi a sua volta più facilmente dosabile, per esempio tramite dosatori pneumatici, rispetto a composizioni di additivo in forma di polvere o granuli non in forma di capsule.

Il sopramenzionato problema tecnico è stato risolto altresì

tramite una composizione di additivo destinata ad essere miscelata in un conglomerato bituminoso per pavimentazione stradale e atta a migliorare le proprietà meccaniche di tale conglomerato bituminoso, comprendente almeno un polimero termoplastico di tipo poliolefinico e polivinilbutirrale (PVB), ottenibile tramite il procedimento di cui sopra.

Preferibilmente, la sopramenzionata composizione di additivo presenta un indice di fluidità di massa (MFI) superiore o uguale a 1 g/10 min, calcolato secondo la metodica ISO 1133 ad una temperatura uguale a 190°C con un carico pari a 2,16 kg, più preferibilmente compreso fra 1,5 g/ 10 min e 2,5 g / 10 min, più preferibilmente compreso fra 2 g/ 10 min e 2,5 g / 10 min.

In particolare, anche grazie allo specifico indice di fluidità di massa che caratterizza la presente composizione di additivo, quest'ultima risulta efficacemente disperdibile negli ulteriori ingredienti necessari per la formulazione di una miscela di conglomerato bituminoso, fra i quali bitume e aggregati, determinando un vantaggio in termini di praticità di utilizzo della composizione.

Inoltre, grazie al fatto che può essere ottenuta un'elevata omogeneità e distribuzione della composizione di additivo nella miscela di conglomerato, la composizione di additivo permette di ottenere una pavimentazione stradale con caratteristiche meccaniche migliorate utilizzando una miscela di conglomerato così modificata.

Più in particolare, in relazione a detta fase c), è stato notato che quando detta porzione di materiale plastico, così separata durante la sopra menzionata fase c) di lavaggio e separazione, presenta una densità

ITR003ESM

media fra 0,70 kg/m³ e 0,90 kg/m³, come determinato secondo la metodica DIN 55990, l'indice di fluidità di massa dell'additivo così ottenuto è compreso fra 1,5 g/10 min e 2,5 g/ 10 min, come calcolato secondo la metodica ISO 1133 ad una temperatura uguale a 190°C con
5 un carico pari a 2,16 kg.

Come anticipato precedentemente in relazione al procedimento secondo la presente invenzione, la composizione di additivo sopramenzionata presenta i seguenti vantaggi:

- comprende materiali derivanti da una miscela di materiali
10 plastici, non recuperati o non recuperabili nelle filiere del recupero di materiali plastici secondo gli attuali standard tecnologici, permettendo il recupero e riutilizzo di materiali di rifiuto altrimenti destinati allo smaltimento in discarica o alla termovalorizzazione;

- può comprendere materiali derivanti da una seconda miscela
15 di materiale plastico, i quali possono essere residui di materiali plastici derivanti da rifiuti riciclabili, in particolare residui di lavorazione di tali rifiuti riciclabili differenziati;

- può comprendere polivinilbutirrale di recupero, determinando un ulteriore vantaggio dal punto di vista sia economico che ambientale;

20 - contiene una miscela di materiali plastici di tipologia anche differente, che possono essere scelti a seconda della necessità di applicazione, per esempio a seconda delle desiderate proprietà meccaniche della miscela di conglomerato bituminoso, alla quale può essere aggiunto;

25 - contiene una miscela di materiali plastici aventi singolarmente

un punto di fusione sensibilmente inferiore rispetto agli additivi simili secondo l'arte nota, potendo così essere miscelato al bitume e agli aggregati direttamente al momento della formulazione della miscela di conglomerato bituminoso, immediatamente prima della posa sulla sede
5 stradale;

- presenta una dimensione particellare che garantisce una facile dispersione all'interno della miscela di conglomerato bituminoso, il quale una volta steso e solidificato, determina la formazione di una pavimentazione stradale con caratteristiche meccaniche migliorate,
10 proprio grazie alla distribuzione omogenea della composizione di additivo nella miscela di conglomerato.

Le caratteristiche e i vantaggi della presente invenzione risulteranno maggiormente da alcune sue forme di realizzazione espote qui di seguito a titolo illustrativo e non limitativo.

15 Descrizione dettagliata

Viene riportata qui di seguito una modalità di esecuzione del procedimento secondo la presente invenzione con ottenimento di una composizione di additivo per conglomerati bituminosi ad elevate prestazioni. In particolare, all'esempio 3, vengono valutate le proprietà
20 meccaniche relative ad un conglomerato bituminoso ottenuto tramite utilizzo di una composizione di additivo secondo la presente invenzione.

Esempio 1: ottenimento di una composizione di additivo secondo il procedimento dell'invenzione

Presso una piattaforma di raccolta di rifiuti domestici ed
25 assimilabili, sono stati messi a disposizione di un operatore cassoni



precedentemente caricati con rifiuti non differenziati comprendenti una miscela di materiali plastici, contenente principalmente residui solidi derivanti da articoli realizzati in materiali plastici non recuperabile nelle filiere del recupero di materiali plastici secondo gli attuali standard tecnologici, come ad esempio giocattoli, materiale da cancelleria in
5 materiale plastico, ciabatte, bidoni e cestini in plastica, cassette per la frutta, tubi, tavolini e sedie in plastica, mobili da giardino, secchi, catini e bacinelle, custodie per musicassette, etc.

Come noto, i sopramenzionati articoli vengono realizzati principalmente in materiale plastico a base di polimeri termoplastici di
10 tipo poliolefinico, nello specifico polietilene e polipropilene.

Un operatore ha prelevato dai cassoni di cui sopra residui in materiale plastico, comprendente principalmente plastiche dure, evitando di inserire il più possibile le frazioni o oggetti costituiti da PVC
15 (cavi e laminati), nonché frazioni in materiali estranei non desiderati come legno, tessili e metalli.

Il materiale plastico così prelevato è stato accumulato in un cassone, mettendo a disposizione un materiale misto di rifiuto contenente una miscela di materiali plastici, quest'ultima comprendente almeno un
20 materiale plastico a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico.

Il materiale misto di rifiuto è stato caricato su un nastro trasportatore per poter essere preliminarmente privato di ulteriori frazioni costituite da PVC, nonché frazioni in materiali estranei non
25 desiderati.

ITRO03ESM

Di seguito, il materiale misto di rifiuto è stato inviato in un trituratore monoalbero, per una prima fase di macinazione che ha portato il materiale ad una pezzatura di circa 60 mm.

5 Tale prima fase di macinazione permette di ottenere un materiale misto di rifiuto più facilmente manovrabile e con una granulometria omogenea per le lavorazioni successive.

Di seguito, il materiale così triturato è stato distribuito su un nastro trasportatore fino ad una stazione di separazione per via magnetica.

10 Da tale materiale misto di rifiuto è stata quindi separata una componente ferrosa; in seguito a questa operazione è stata registrata una perdita di peso pari a circa il 3% sul peso totale del materiale.

15 Il materiale misto di rifiuto così deferrizzato è stato alimentato, per mezzo di un trasportatore a nastro, ad un separatore a correnti indotte in grado di separare i metalli non magnetici, fra i quali alluminio, acciaio inox e rame.

In seguito a tale fase di rimozione di residui metallici non ferrosi, è stata registrata un'ulteriore perdita di peso pari al 2% sul peso totale del materiale.

20 Per mezzo di un nastro trasportatore, il materiale privo di metalli è stato inviato verso la sezione di lavaggio e separazione.

Insieme al materiale in questione, in una vasca appositamente predisposta per l'esecuzione della fase di lavaggio e separazione per densità è stato alimentato il materiale misto di rifiuto insieme ad una
25 seconda miscela di materiale plastico comprendente almeno un materiale

plastico a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico.

La seconda miscela di materiale plastico era sottoforma di scarti provenienti da procedimenti di recupero di rifiuti riciclabili in materiale plastico o materiale poliaccoppiato, smaltiti e recuperati nella raccolta
5 differenziata della plastica.

Il peso della seconda miscela di materiale plastico corrispondeva al 25% in peso sul peso totale del materiale misto di rifiuto impoverito della componente metallica al quale è stata aggiunta.

La percentuale in peso di poliolefine nel materiale plastico
10 costituente la seconda miscela, tal quali e/o eventualmente rinforzate con cariche minerali incorporate nel materiale plastico, è risultata superiore all'85% in peso sul peso secco di quest'ultimo.

Il materiale misto di rifiuto è stato così arricchito con materiali poliolefinici puliti derivanti da operazioni di riciclo di plastiche e con essi
15 è stato miscelato.

Il materiale misto di rifiuto così arricchito di materiali poliolefinici di interesse (polietilene e polipropilene, in particolare) è stato separato tramite una tecnica di separazione per densità dalla componente a più alto peso molecolare, nello specifico da residui in
20 materiale plastico, e non solo, aventi peso specifico superiore a 1,1 kg/m³, utilizzando una soluzione acquosa avente peso specifico intermedio fra i materiali plastici di particolare interesse, ossia polietilene ad alta densità, polipropilene e polietilene a bassa densità, ma inferiore ai materiali plastici compresi in detto materiale misto di rifiuto e aventi
25 un valore di densità superiore alla densità dei materiali plastici di

interesse.

Insieme ai sopraelencati materiali, la porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica così ottenuta comprendeva anche polistirene e polistirolo espanso.

5 I materiali inerti non plastici e il materiale plastico con densità superiore $1,1 \text{ kg/m}^3$, come corde in nylon o residui in polivinilcloruro e/o polietilene tereftalato, sono stati lasciati decantare, precipitando sul fondo della vasca.

10 Il peso della porzione di materiale a più elevata densità così separata corrispondeva a circa il 21% in peso sul peso totale del materiale misto di rifiuto introdotto nella vasca di lavaggio e separazione.

15 Nella parte superiore della vasca, grazie al movimento di un rostro a pettine posto a pelo d'acqua, i residui di materiale plastico avente densità media caratteristica sono stati agevolmente separati da residui di materiale con densità superiore, eventualmente incastrati con essi. Sempre grazie all'azione del rostro a pettine, il materiale galleggiante è stato spostato in una zona della vasca in corrispondenza di una coclea drenata, posta allo sfioro dell'acqua.

20 Tramite l'ausilio della coclea, la porzione di materiale plastico avente detta densità media caratteristica è stata quindi inviata alla fase di macinazione ulteriore, dove per azione di un mulino granulatore ad acqua posto alla pezzatura del materiale è stata ridotta fino a circa 13 mm. Il materiale così macinato è stato raccolto in cassonetti.

25 La porzione di materiale plastico avente densità media caratteristica così macinata e raccolta è stata successivamente inviata ad

una centrifuga orizzontale per l'asciugatura del materiale; nello specifico, il materiale è stato introdotto in una tramoggia e da lì è stato erogato all'interno di un cestello forato, all'interno del quale un rotore a pale è stato fatto ruotare ad una velocità molto elevata, così da imprimere una forte accelerazione al materiale, venendo espulsa l'umidità residua dai fori del cestello forato.

Il materiale così privato di una parte dell'umidità è stato quindi ulteriormente asciugato tramite un ventilatore.

La porzione di materiale plastico avente la densità media caratteristica così asciugata presentava la composizione e caratteristiche fisiche mostrate nella seguente Tabella 1:

| | |
|--|---|
| Contenuto di poliolefine tal quali e/o rinforzate con cariche minerali | Superiore al 90% in peso sul secco totale |
| Contenuto di altre plastiche, poliaccoppiati anche comprendenti fogli di Al con spessore $\leq 50 \mu\text{m}$ e altri materiali | Inferiore al 10% in peso sul secco totale |
| Massa Volumica sul secco | Superiore a 100 Kg/m^3 |
| Dimensione particellare | 13 mm |
| Forma fisica | Scaglie e granuli di forme differenti |
| Umidità | Inferiore al 10% in peso |

Tabella 1

La porzione di materiale plastico avente densità media caratteristica così ottenuta presentava dunque le caratteristiche previste dalla norma UNI 10667-16, quindi eventualmente utilizzabile come

macinato per processi di estrusione e/o per stampaggio ad iniezione.

Inoltre, la porzione di materiale plastico avente densità media caratteristica così asciugata presentava le caratteristiche fisiche e reologiche, mostrate nella seguente Tabella 2:

| | |
|-----------------------------------|---|
| Densità media | 0,8 g/cm ³ (calcolato con procedura DIN 55990) |
| Indice di fluidità di massa (MFI) | 2,5 g/10 min (calcolato con procedura ISO 1133 con T=190°C e carico pari a 2,16 kg) |

5 *Tabella 2*


Il materiale asciutto è stato inviato tramite trasporto pneumatico in silo miscelatore con capacità di 20 metri cubi nel quale è stato omogeneizzato e miscelato con un materiale di riciclo fornito come materiale di recupero post-consumo a base di polivinilbutirrale, in particolare comprendente un quantitativo pari al 90% in peso di polivinilbutirrale sul suo peso totale.

Il peso del materiale di riciclo aggiunto corrispondeva al 10% in peso sul peso totale della porzione di materiale plastico avente densità media caratteristica, così asciugata.

15 Durante l'omogeneizzazione e la miscelazione i materiali sono stati sottoposti a macinazione a temperatura ambiente tramite mulini a coltelli fino ad una granulometria pari a circa 5 mm.

Infine, il materiale così ottenuto è stato inviato ad una fase successiva di polverizzazione e, quindi, alimentato ad una camera di macinazione a dischi, dove è stato macinato e in cui le dimensioni dei

20



granuli sono determinate dalla distanza fra i dischi. Tale distanza è regolabile dall'esterno della camera di macinazione.

La miscela di additivo così ottenuta presentava la composizione e caratteristiche fisiche, mostrate nella seguente Tabella 3:

| | |
|--|--|
| Contenuto di materia plastica (ed, eventualmente, gomma); di cui: | 98,6 % in peso sul peso secco totale |
| - poliolefine tal quali e/o rinforzate | |
| con cariche minerali; | 82,7 % in peso sul peso secco totale |
| - polivinilbutirrale; | |
| - altre plastiche | 8,2 % in peso sul peso secco totale |
| | 7,7 % in peso sul peso secco totale |
| Contenuto di altri materiali (carta, cartone, legno, vetro, metallo, sassi etc.) | 1,4% in peso sul peso secco totale |
| Massa Volumica apparente | 0,25 g/cm ³ (calcolato con procedura UNI EN ISO 61) |
| Dimensione particellare | 1,2 mm |
| Forma fisica | Granuli fini |
| Umidità | Inferiore al 10% in peso |

5 *Tabella 3*

La porzione di materiale a bassa densità così ottenuta presentava dunque le caratteristiche previste dalla norma UNI 10667-14, dunque utilizzabile come miscela di materiali polimerici di riciclo e di altri materiali come aggregati in malte cementizie, in bitumi e negli asfalti.

10 Infine, la miscela di additivo è stata inviata in un silo dotato di

ricircolo pneumatico per una eventuale miscelazione con ulteriori composti modificanti in grado di conferire specifiche proprietà alla miscela di additivo risultante così addizionata, comprendente la presente miscela di additivo e l'ulteriore composto modificante. La miscela di additivo risultante può essere vantaggiosamente impiegata come agente modificante per conglomerati bituminosi stradali.

Esempio 2: formulazione di una miscela di conglomerato bituminoso con la composizione di additivo ottenibile tramite il presente procedimento

10 Questo esempio si riferisce alla valutazione delle caratteristiche dell'additivo nel conglomerato bituminoso, non alla preparazione dell'additivo.

Utilizzando la composizione di additivo secondo l'Esempio 1 sono state preparate in laboratorio un numero opportuno formelle di conglomerato bituminoso con un diametro di 100 mm e uno spessore di circa 25 mm, contenenti la composizione secondo le proporzioni degli ingredienti indicate nella seguente Tabella 4.

| Materiali | Parti in peso |
|-----------------------------|---------------|
| Inerti graniglia 12/20 | 25 |
| Inerti graniglia 6/12 | 35 |
| Inerti graniglia 3/6 | 10 |
| Sabbia 0/4 | 25 |
| Filler (CaCO ₃) | 5 |
| Bitume 70/100 | 4,5 |



| | |
|--------------------------|--------|
| Composizione di additivo | 0,27 |
| Totale | 104,77 |

Tabella 4

Il conglomerato bituminoso comprendente tutti i componenti secondo la ricetta riportata in Tabella 4 è stato preparato in laboratorio tramite la procedura che segue, utilizzando apparecchiature che simulano nel funzionamento macchinari in scala superiore solitamente utilizzati in impianti per la produzione di conglomerati bituminosi:

- selezionare una curva granulometrica, in funzione della pavimentazione stradale che si desidera realizzare con il conglomerato bituminoso in corso di preparazione;
- 10 - selezionare aggregati conformi con la sopramenzionata curva granulometrica, nel presente caso gli aggregati secondo la Tabella 4, e portare gli aggregati a una temperatura di 170-180°C all'interno di un miscelatore;
- aggiungere una quantità opportuna di composizione di
15 additivo, dunque mescolare per 40-60 secondi così da ottenere un impasto;
- aggiungere all'impasto una quantità opportuna di bitume, nel presente caso la quantità espressa in Tabella 4, dunque mescolare per almeno 20-30 secondi;
- 20 - aggiungere all'impasto una quantità opportuna di filler, nel presente caso la quantità espressa in Tabella 4, dunque mescolare per almeno 5 minuti (così come previsto dalla normativa EN 12697-35), ottenendo un impasto di conglomerato bituminoso omogeneo.



ITRO03ESM

Nello specifico, l'impasto è stato mantenuto ad una temperatura compresa fra 170 e 180°C durante tutte le fasi di lavorazione dello stesso.

L'impasto di conglomerato bituminoso così ottenuto si presentava come una unica fase disperdente a base di bitume, dall'aspetto viscoso, nella quale gli aggregati risultavano omogeneamente dispersi.

L'impasto di conglomerato bituminoso così ottenuto è stato poi scaricato dal miscelatore, dosato in quantità pari a circa 1210 g all'interno di contenitori e successivamente è stato condizionato in stufa ad una temperatura pari a 150°C per circa 3 ore (il condizionamento è stato effettuato solamente con lo scopo di simulare le condizioni di trasporto).

Il conglomerato bituminoso così ottenuto, terminata la fase di condizionamento in stufa, è stato poi inserito all'interno di una fustella. Quindi, al fine di ottenere una percentuale di vuoti di circa il 2,5%, è stata effettuata una compattazione mediante pressa a taglio giratorio (alternativamente alla pressa a taglio giratorio è possibile utilizzare qualsiasi altra tipologia di compattatore adatto allo scopo, per esempio un compattatore tipo Marshall):

- Pressione di carico: 600 kPa;
- Angolo giratorio: 1,25°;
- Densità limite: 2400 kg/m³.

Sono state confezionate un numero opportuno di formelle per l'esecuzione dei test meccanici; infine, tali formelle sono state poste in



camere climatiche per il condizionamento opportuno per l'esecuzione delle prove meccaniche.

Esempio 3: esecuzione delle prove meccaniche

Questo esempio si riferisce alla valutazione delle caratteristiche
5 dell'additivo nel conglomerato bituminoso, non alla preparazione dell'additivo.

Un numero opportuno di formelle per ottenere un risultato riproducibile è stato rispettivamente alloggiato in una pressa meccanica dell'apposito cestello di prova, quindi è stata eseguita una prova di
10 resistenza alla trazione secondo la metodologia UNI EN 12697-23.

La caratterizzazione meccanica è avvenuta mediante la Resistenza a Trazione Indiretta (RTI). La RTI indica la sollecitazione massima sopportata generata dal passaggio dei veicoli. La Resistenza a Trazione Indiretta è stata valutata attraverso il relativo parametro RTI.

15 La media dei risultati delle singole prove ha mostrato una RTI (MPa) in relazione al conglomerato ottenibile tramite utilizzo della composizione di additivo secondo la presente invenzione del tutto soddisfacente, uguale o superiore rispetto a conglomerati bituminosi ottenibili per utilizzo di additivi convenzionali.

20 In seguito, è stata eseguita una prova per la determinazione del modulo di rigidezza, intesa come capacità di conglomerati bituminosi di diffondere nella sovrastruttura il carico esercitato nel piano viabile dalle aree di impronta degli pneumatici del veicolo.

Un numero opportuno di formelle per ottenere un risultato
25 riproducibile è stato disposto su un apposito alloggiamento di un sistema

servo pneumatico per prove dinamiche a sua volta contenuto in una cella climatica per il controllo della temperatura; successivamente, è stata eseguita una prova per la determinazione del modulo di rigidezza secondo la metodologia UNI EN 12697-26.

5 Le condizioni di prova utilizzate per la determinazione del modulo di rigidezza sono state:

- Temperatura: variabile;
- Deformazione orizzontale imposta: 5 μm ;
- Tempo di picco: 124 ms (frequenza 2 Hz);
- 10 - Coefficiente di Poisson: 0,35.

La media dei risultati delle singole prove ha mostrato una rigidezza (MPa) dei campioni a diverse temperature ($T=5^{\circ}\text{C}$, $T=20^{\circ}\text{C}$ e $T=40^{\circ}\text{C}$) in relazione al conglomerato ottenibile tramite utilizzo della composizione di additivo secondo la presente invenzione del tutto
15 soddisfacente, uguale o superiore rispetto a conglomerati bituminosi ottenibili per utilizzo di additivi convenzionali.

Le prove suddette hanno quindi dimostrato l'assoluta efficacia della composizione di additivo ottenibile tramite il procedimento secondo la presente invenzione nell'ottenere una miscela di conglomerato
20 bituminoso con prestazioni meccaniche elevate; il conglomerato bituminoso così ottenuto può essere utilizzato per ottenere una pavimentazione stradale resistente e performante.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la produzione di una composizione di additivo destinata ad essere miscelata in un conglomerato bituminoso, bitume o altri prodotti bituminosi per pavimentazione stradale, 5 comprendente le fasi seguenti:
- a) mettere a disposizione un materiale misto di rifiuto contenente una miscela di materiali plastici, in cui tale miscela di materiali plastici comprende almeno un materiale plastico a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico;
 - 10 b) macinare tale materiale misto di rifiuto fino a raggiungere una dimensione particellare fra 40 mm e 80 mm, preferibilmente una dimensione particellare pari a circa 60 mm;
 - c) lavare tale materiale misto di rifiuto così macinato e separare in maniera controllata una porzione di materiale plastico avente una 15 densità media caratteristica da tale materiale misto di rifiuto, in cui tale porzione di materiale plastico comprende tale almeno un materiale plastico a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico;
 - d) macinare tale porzione di materiale plastico avente una 20 densità media caratteristica fino a raggiungere una dimensione particellare fra 10 mm e 20 mm, preferibilmente una dimensione particellare fra 12 e 15 mm; e,
 - e) miscelare a temperatura ambiente detta porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica così macinata con un materiale a base di polivinilbutirrale (PVB) e macinare ulteriormente la 25 miscela così ottenuta, in modo da ottenere una composizione granulare e pronta all'uso di additivo avente una dimensione particellare fra 4 mm

e 6 mm, e avente un indice di fluidità di massa superiore a o uguale a 1 g/10 min, preferibilmente fra 1,5 g/10 min e 2,5 g/10 min, come calcolato secondo la metodica ISO 1133 ad una temperatura di 190°C con un carico di 2,16 kg,

5 in cui detta fase c) di lavaggio e separazione viene effettuata tramite una tecnica di separazione per densità, selezionando così un valore limite di densità predeterminato e separando da tale materiale misto di rifiuto detta porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica che è inferiore o uguale rispetto a tale valore limite
10 predeterminato, detta densità media caratteristica essendo inferiore o uguale a 1,0 kg/m³, come calcolato secondo la procedura DIN 55990.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui in detta fase a) di mettere a disposizione un materiale misto di rifiuto, detto materiale misto di rifiuto comprende residui solidi in materiale plastico, che
15 derivano da rifiuti solidi urbani o da lavorazioni industriale o artigianale di articoli in materiale plastico o una qualsiasi combinazione di questi, essendo detti residui solidi non recuperati o non recuperabili nelle filiere del recupero di materiali plastici.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detto
20 materiale misto di rifiuto viene precedentemente sottoposto ad una fase preliminare di separazione durante la quale vengono eliminate eventuali frazioni in polivinilcloruro e/o frazioni in materiali non desiderati fra cui carta, cartone, legno, tessili, metallo o vetro.

4. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni
25 precedenti, in cui in detta fase b) di macinazione, una volta macinato,

detto materiale misto di rifiuto viene sottoposto ad un'operazione di separazione di una componente metallica eventualmente compresa in esso, preferibilmente detta operazione di separazione comprendendo un primo passaggio di separazione per via magnetica ed un secondo
5 passaggio di separazione di una componente metallica non ferrosa.

5. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui durante detta fase c) di lavaggio e separazione detta densità media caratteristica è compresa fra 0,70 kg/m³ e 0,90 kg/m³, calcolata in accordo con la procedura DIN 55990.

10 6. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui in detta porzione di materiale plastico avente una densità media caratteristica detto almeno un materiale plastico è a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico selezionato nel gruppo comprendente polietilene, un copolimero di polietilene, polipropilene, un
15 copolimero di polipropilene o una qualsiasi miscela di questi, preferibilmente detta porzione di materiale plastico comprende detto almeno un materiale plastico in una quantità superiore o uguale a 75% in peso sul suo peso totale, più preferibilmente in una quantità superiore o uguale a 80% in peso sul suo peso totale.

20 7. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui in detta fase c) di lavaggio e separazione, una seconda miscela di materiali plastici comprendente almeno un materiale plastico a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico viene aggiunta e miscelata a detto materiale misto di rifiuto, preferibilmente detta seconda
25 miscela comprendendo un quantitativo di detto almeno un materiale

plastico a base di un polimero termoplastico di tipo poliolefinico pari ad almeno 75% in peso sul suo peso totale, più preferibilmente in un quantitativo pari ad almeno l'80% in peso sul suo peso totale.

5 8. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto materiale a base di polivinilbutirrale comprende una quantità di polivinilbutirrale superiore o uguale a 80% in peso sul peso totale di detto materiale a base di polivinilbutirrale.

10 9. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto materiale a base di polivinilbutirrale è un materiale di recupero a base di polivinilbutirrale, preferibilmente detto materiale di recupero a base di polivinilbutirrale deriva da articoli di rifiuto post-consumo fra cui parabrezza di autoveicoli, doppi vetri di abitazioni, vetri termici, vetri di sicurezza e/o deriva da sfridi da lavorazioni industriali per la produzione di detti articoli.

15 10. Procedimento secondo la rivendicazione 8 o 9, in cui detto materiale a base di polivinilbutirrale viene aggiunto a detta porzione di materiale plastico avente una densità caratteristica in una quantità pari al 5-25% in peso sul peso di detta porzione di materiale plastico, preferibilmente pari a 10-20% in peso sul peso di detta porzione di
20 materiale plastico.

11. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente la fase ulteriore di miscelare detta composizione di additivo con un composto modificante, preferibilmente in cui detto composto modificante è scelto fra grafene, un attivante di
25 adesione, un agente rigenerante, un plastificante, lignina o una qualsiasi

combinazione di questi, più preferibilmente detto composto modificante è di origine sintetica, minerale o vegetale.

12. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti comprendente le seguenti fasi ulteriori:

- 5 - alimentare detta composizione di additivo in un estrusore, preferibilmente in un estrusore bivate;
- scaldare detta composizione di additivo ad una temperatura predefinita;
- estrarre e raffreddare detta composizione di additivo così da
10 ottenere una composizione di additivo in forma di granuli estrusi aventi una dimensione particellare compresa fra 1,85 mm e 4,5 mm, preferibilmente fra 2 mm e 4 mm.

13. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-11, comprendente la fase ulteriore di macinare ulteriormente detta
15 composizione di additivo, così da ottenere una composizione di additivo in forma di granuli fini con una dimensione particellare compresa fra 0,85 mm e 2,5 mm, preferibilmente fra 1 mm e 2 mm.

14. Procedimento secondo la rivendicazione 13, comprendente le seguenti fasi ulteriori:

- 20 - dosare una predeterminata quantità di detta composizione di additivo in forma di granuli fini e compattarla, preferibilmente essendo detta predeterminata quantità di composizione di additivo compresa fra 10 g e 20 g;
- ricoprire la composizione di additivo così compattata con una
25 pellicola in materiale plastico a base di un polimero termoplastico,



ITR003ESM

preferibilmente detto materiale plastico essendo polietilene, di modo da ottenere una capsula,

preferibilmente in cui detta fase di dosaggio comprende un passaggio di aggiungere a detta composizione di additivo una quantità predeterminata di un composto modificante in forma liquida, più
5 preferibilmente detto composto modificante in forma liquida è scelto fra un attivante di adesione, un agente rigenerante, un plastificante, lignina o una qualsiasi combinazione di questi.

Allyo Monteb...