

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000022379
Data Deposito	26/08/2021
Data Pubblicazione	26/02/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	04	B	28	16
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	04	B	111	20
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	04	B	111	34
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	04	B	111	70
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	04	B	111	27

Titolo

Compound in polvere per la modifica di miscele cementizie inorganiche destinate all'allettamento di sistemi per armamento senza ballast

DESCRIZIONE

Annessa a domanda di brevetto per INVENZIONE INDUSTRIALE avente per titolo

**“Compound in polvere per la modifica di miscele cementizie
inorganiche destinate all’allettamento di sistemi per armamento
senza ballast”**

A nome: WEGH GROUP S.p.A.
Via Di Vittorio 87
43045 FORNOVO DI TARO PR

CAMPO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione ha per oggetto una composizione da utilizzare come additivo per malte, preferibilmente per malte di allettamento per piattaforme ferroviarie, preferibilmente per piattaforme ferroviarie

5 ballastless. La presente invenzione ha per oggetto anche una malta ottenuta miscelando detta composizione con acqua, fibre polimeriche, aggregati e cemento e un conglomerato cementizio ottenuto da detta malta, una volta indurita.

STATO DELL'ARTE

La realizzazione di una linea ferroviaria efficiente e che possa garantire e 10 favorire la circolazione di persone e merci in sicurezza in qualsiasi condizione ambientale esterna sopportando al contempo elevati carichi e vibrazioni, risulta essere un argomento chiave di ricerca e sviluppo nel settore delle infrastrutture. Le rotaie destinate al transito di veicoli ferroviari hanno uno sviluppo longitudinale prevalente e sono mantenute parallele 15 tra loro mediante traverse che si susseguono una dopo l'altra ad intervalli prefissati oppure piattaforme. Nel caso delle piattaforme, queste possono essere delle piattaforme precomprese, preferibilmente del tipo ballastless. Nei tratti di linea ferroviaria ballastless, dette piattaforme sono generalmente sovrapposte ad una fondazione in calcestruzzo armato o a 20 un modulo di fondazione. Tra le piattaforme e la fondazione o il modulo di

fondazione è generalmente iniettata una malta di allettamento comprendente una malta cementizia, tipicamente calcestruzzo, che, dopo l'idratazione, vincola la struttura e la irrigidisce. Come noto, le suddette piattaforme ferroviarie, devono essere capaci di rispondere alle più severe 5 classi di esposizione ambientali. In aggiunta, tali sistemi richiedono oltre alle caratteristiche meccaniche e di durabilità, anche che la malta per il loro allettamento abbia caratteristiche di “*self levelling*” ad elevata “*passing ability*”, in particolare per la zona degli stopper, al fine di poter garantire il corretto riempimento di spessori e vani di piccole dimensioni. Permane 10 pertanto allo stato dell'arte attuale la necessità di mettere a disposizione una malta per la messa in opera di infrastrutture, preferibilmente per l'allettamento di piattaforme ferroviarie, preferibilmente di tipo ballastless, che sia espansiva sia in fase plastica che in fase indurita al fine di poter efficacemente indurre una precompressione chimica allo strato di 15 allettamento, in grado di compensare il successivo ritiro, autogeno più igrometrico, che caratterizza le formulazioni cementizie standard. Un ulteriore necessità è quella di mettere a disposizione una malta che garantisca sia la stabilità dimensionale dell'elemento di collegamento tra la fondazione e le piattaforme sia la riduzione del rischio di formazione di fessure nello strato intermedio anche in caso di realizzazione di lunghe 20 tratte, in quanto le sollecitazioni interne del conglomerato ottenuto con la malta, derivanti dall'esposizione ad ambienti insaturi, risultano essere sempre positive, cioè di compressione e mai di trazione. La presente invenzione risolve le problematiche sopra esposte mettendo a 25 disposizione un additivo per malte cementizie che permette la realizzazione di conglomerati aventi le caratteristiche non solo di resistenza meccaniche ma anche di resistenza agli agenti chimici permettendo pertanto un ottimale allettamento di piattaforme ferroviarie, preferibilmente di tipo ballastless e nella creazione di un impianto 30 ferroviario finale rispondente alle performance desiderate.

SOMMARIO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione ha per oggetto una composizione da utilizzare come additivo per malte, preferibilmente per malte di allettamento per piattaforme ferroviarie, preferibilmente per piattaforme ferroviarie ballastless. La composizione dell'invenzione comprende:

- 5 - una prima aggiunta minerale comprendente almeno un filler di carbonato di calcio (CaCO_3);
- una seconda aggiunta minerale scelta nel gruppo costituito da: microsilice (SiO_2), cenere volante, loppa di altoforno, pozzolana, geopolimeri, e una loro combinazione;
- 10 - almeno un superfluidificante scelto nel gruppo degli eteri policarbossilati (PCE), preferibilmente metacrilato sostituito con poliossimetilene;
- almeno un additivo antiritiro (SRA - *Shrinkage reducing admixture*) scelto tra un additivo antiritiro a base di glicoli o poliglicoli, preferibilmente scelto nel gruppo costituito da: glicole esilenico, polipropilen glicole, neopentil glicole, poliossipropilen glicole, e una loro combinazione;
- 15 - almeno un modificatore di reologia scelto nel gruppo degli esopolisaccaridi, preferibilmente scelti nel gruppo costituito da: gomma Welan, gomma gellano, o una loro combinazione;
- almeno un agente espansivo scelto tra calcio solfoalluminato (CSA), solfato di calcio diidrato, ossido di calcio (CaO), ossido di magnesio (MgO), e una loro combinazione;
- anidrite (solfato di calcio anidro); e
- 20 - almeno un clinker calcio solfoalluminato (CSAK).

La presente invenzione ha per oggetto anche una malta ottenuta miscelando detta composizione con acqua, fibre polimeriche, aggregati e cemento. Forma ulteriore oggetto della presente invenzione anche una malta premiscelata da re-idratare, ovvero una malta allo stato secco comprendente detta composizione, fibre polimeriche, aggregati e cemento, la quale, al momento dell'utilizzo, viene impastata con

acqua per ottenere la malta desiderata, preferibilmente la malta per l'allettamento di piattaforme ferroviarie, preferibilmente piattaforme ferroviarie ballastless. La presente invenzione ha per oggetto anche un conglomerato cementizio ottenuto dalla malta secondo la presente invenzione, una volta indurita.

5 **BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI**

La Figura 1 mostra la curva di assorbimento capillare di conglomerati cementizi ottenuti a partire dalla malta secondo la presente invenzione ed immersi in acqua demineralizzata alla temperatura di $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ come 10 descritto nell'Esempio 2.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE

AI fini della presente invenzione il termine "microsilice" è utilizzato come sinonimo interscambiabile di "fumo di silice" o "silica fume".

Ai fini della presente invenzione il termine "ambiente insaturo" si riferisce 15 ad un ambiente caratterizzato da un'umidità relativa <95%.

Ai fini della presente invenzione, le espressioni "piattaforme ferroviarie ballastless" o "piattaforme ferroviarie di tipo ballastless" sono impiegati come sinonimi perfettamente interscambiabili.

Ai fini della presente invenzione il termine "compound" è utilizzato per 20 identificare la composizione secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione di seguito descritte.

Ai fini della presente invenzione il termine "agente antischiuma" è utilizzato come sinonimo interscambiabile di "agente disareante".

Ai fini della presente invenzione il termine "Rosin Blend" e le espressioni 25 "sali di resina del legno" o "sali di resine del legno" sono utilizzati come sinonimi interscambiabili.

La presente invenzione ha per oggetto una composizione comprendente:

- una prima aggiunta minerale comprendente almeno un filler di carbonato di calcio (CaCO_3);
- una seconda aggiunta minerale scelta nel gruppo costituito da:

microsilice (SiO_2), cenere volante, loppa di altoforno, pozzolana, geopolimeri, e una loro combinazione;

- almeno un superfluidificante scelto nel gruppo degli eteri policarbossilati (PCE), preferibilmente metacrilato sostituito con poliossalimetilene;
- almeno un additivo antiritiro (SRA - *Shrinkage reducing admixture*) scelto tra un additivo antiritiro a base di glicoli o poliglicoli, preferibilmente scelto nel gruppo costituito da: glicole esilenico, polipropilen glicole, neopentil glicole, poliossalipropilen glicole, e una loro combinazione;
- almeno un modificatore di reologia scelto nel gruppo degli esopolisaccaridi, preferibilmente scelti nel gruppo costituito da: gomma Welan, gomma gellano, o una loro combinazione;
- almeno un agente espansivo scelto tra calcio solfoalluminato (CSA), solfato di calcio diidrato, ossido di calcio (CaO), ossido di magnesio (MgO), e una loro combinazione;
- anidrite (solfato di calcio anidro); e
- almeno un clinker calcio solfoalluminato (CSAK).

Secondo una forma di realizzazione preferita, la composizione secondo la presente invenzione comprende:

- un filler di carbonato di calcio (CaCO_3) come prima aggiunta minerale;
- microsilice (SiO_2) come seconda aggiunta minerale;
- un superfluidificante scelto nel gruppo degli eteri policarbossilati (PCE), preferibilmente metacrilato sostituito con poliossalimetilene;
- glicole esilenico come additivo antiritiro (SRA - *Shrinkage reducing admixture*);
- un modificatore di reologia scelto nel gruppo degli esopolisaccaridi, preferibilmente gomma Welan, gomma gellano, o una loro combinazione;
- una miscela di calcio solfoalluminato (CSA) e solfato di calcio

diidrato come agente espansivo;

- anidrite (solfato di calcio anidro); e
- clinker calcio solfoalluminato (CSAK).

Preferibilmente, detta prima aggiunta minerale è presente all'interno della

- 5 composizione secondo la presente invenzione, in una quantità compresa tra il 5 e il 30% p/p.

Preferibilmente, detta seconda aggiunta minerale è presente all'interno della composizione secondo la presente invenzione, in una quantità compresa tra l'1 e l'11% p/p.

- 10 Preferibilmente, detto almeno un superfluidificante è presente all'interno della composizione secondo la presente invenzione, in una quantità compresa tra l'1 e il 5% p/p.

- Preferibilmente, detto almeno un additivo antiritiro è presente all'interno della composizione secondo la presente invenzione, in una quantità compresa tra l'1 e il 5% p/p.

Preferibilmente, detto almeno un modifikatore di reologia è presente all'interno della composizione secondo la presente invenzione, in una quantità compresa tra lo 0,01 e il 2% p/p.

- 20 Preferibilmente, detto almeno un agente espansivo è presente all'interno della composizione secondo la presente invenzione, in una quantità compresa tra il 5 e il 40% p/p.

Preferibilmente, detta anidrite è presente all'interno della composizione secondo la presente invenzione, in una quantità compresa tra il 5 e il 35% p/p.

- 25 Preferibilmente, detto almeno un clinker calcio solfoalluminato è presente all'interno della composizione secondo la presente invenzione, in una quantità compresa tra il 5 e il 35% p/p.

Secondo una forma di realizzazione preferita, la composizione secondo la presente invenzione è una composizione in cui:

- 30 - detta prima aggiunta minerale è presente in una quantità compresa tra il 5 e il 30% p/p;

- detta seconda aggiunta minerale è presente in una quantità compresa tra l'1 e l'11% p/p;
 - detto almeno un superfluidificante è presente in una quantità compresa tra l'1 e il 5% p/p;
 - 5 - detto almeno un additivo antiritiro è presente in una quantità compresa tra l'1 e il 5% p/p;
 - detto almeno un modificatore di reologia è presente in una quantità compresa tra lo 0,01 e il 2% p/p;
 - detto almeno un agente espansivo è presente in una quantità compresa tra il 5 e il 40% p/p;
 - 10 - detta anidrite è presente in una quantità compresa tra il 5 e il 35% p/p; e
 - detto almeno un clinker calcio solfoalluminato è presente in una quantità compresa tra il 5 e il 35% p/p.
- 15 Preferibilmente, la composizione secondo la presente invenzione comprende ulteriormente:
- almeno un agente accelerante scelto nel gruppo costituito da: tiocianato di potassio, carbonato di sodio, carbonato di litio, e una loro combinazione; e/o
 - 20 - almeno un agente ritardante scelto nel gruppo costituito da: acido citrico, acido tartarico, gluconati, e una loro combinazione; e/o
 - almeno un agente antischiuma, preferibilmente detto agente antischiuma essendo una agente antischiuma a base di silicone, più preferibilmente detto agente antischiuma a base di silicone
 - 25 comprendente silice idrofobica dispersa in un olio siliconico, polvere di silicio organico, polidimetilsilossano modificato, o una loro combinazione.
- Secondo una forma di realizzazione preferita, all'interno della composizione secondo la presente invenzione:
- 30 - detto almeno un agente accelerante è presente in una quantità compresa tra lo 0,01 e il 2% p/p; e/o

- detto almeno un agente ritardante è presente in una quantità compresa tra lo 0,01 e il 2% p/p; e/o
 - detto almeno un agente antischiuma è presente in una quantità compresa tra lo 0,01 e il 2% p/p.
- 5 Preferibilmente, la composizione secondo la presente invenzione può ulteriormente comprendere un additivo che permette lo sviluppo di una pluralità di bolle d'aria micrometriche all'interno della composizione. Preferibilmente, detto additivo è scelto tra: detergenti sintetici, sali di ligninsolfonato, acidi del petrolio, sali organici di idrocarburi solfonati,
- 10 10 resina vinsol, sali di resine del legno (Rosin Blend), microsfere cave MSC (*mesoporous single crystal*), preferibilmente microsfere cave di PVC, e una loro combinazione. Secondo una forma di realizzazione preferita, detto additivo che permette lo sviluppo di una pluralità di bolle d'aria micrometriche è presente:
- 15 - in una quantità compresa tra lo 0,01 e il 5% p/p nel caso in cui detto additivo è scelto tra detergenti sintetici, sali di ligninsolfonato, acidi del petrolio, sali organici di idrocarburi solfonati, resina vinsol, sali di resine del legno (Rosin Blend), e una loro combinazione;
- in una quantità compresa tra l'1 e il 5% p/p nel caso in cui detto additivo
- 20 20 sono microsfere cave MSC (*mesoporous single crystal*), preferibilmente microsfere cave di PVC.
- Ai fini della presente invenzione detto additivo che permette lo sviluppo di una pluralità di bolle d'aria micrometriche è definito anche come "agente aerante".
- 25 La presente invenzione ha per oggetto anche l'uso della composizione secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione sopra descritte come additivo per malte, preferibilmente per malte cementizie. Preferibilmente, dette malte sono malte espansive da iniezione o colaggio, più preferibilmente scelte tra malte per l'allettamento e/o l'ancoraggio e/o
- 30 30 l'inghisaggio e/o la sigillatura, preferibilmente di piattaforme ferroviarie o un loro elemento. Secondo una forma di realizzazione particolarmente

preferita della presente invenzione, dette piattaforme ferroviarie sono piattaforme ferroviarie precomprese, più preferibilmente piattaforme ferroviarie di tipo ballastless.

Forma oggetto della presente invenzione anche una malta 5 ottenibile/ottenuta dalla miscelazione della composizione secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione sopra descritte con acqua, cemento, fibre polimeriche e aggregati. Secondo una forma di realizzazione preferita, detta composizione è aggiunta in una quantità compresa tra il 2 e il 20% p/p; detta acqua è aggiunta in una quantità compresa tra il 5 e il 10 15 % p/p; detto cemento è aggiunto in una quantità compresa tra il 10 e il 35% p/p: dette fibre polimeriche sono aggiunte in una quantità compresa tra lo 0,1 e il 5%p/p; e detti aggregati sono aggiunti in una quantità compresa tra il 20 e l'80% p/p. Preferibilmente, detto cemento è scelto nel gruppo costituito da: cemento Portland, cemento composito, OPC 15 Ordinary portland cemento comune secondo la norma EN 197-1, UNI 9156, UNI 9606, ASTM C150, ASTM C595, JIS R 5210-5211-5212-5213-5214, o una loro combinazione. Preferibilmente, dette fibre polimeriche sono scelte nel gruppo costituito da: polimeri poliolefinici, fibre in polietilene, polipropilene, poliammidi aromatiche, poliammidi alifatiche, o 20 una loro combinazione. Preferibilmente, detti aggregati sono scelti nel gruppo costituito da: pietre, aggregati artificiali, sabbia, rocce endogene, rocce esogene, argilla espansa, vetro, o una loro combinazione, preferibilmente sabbia. Secondo una forma di realizzazione preferita dell'invenzione, detta sabbia comprende $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Preferibilmente 25 detta sabbia è essenzialmente costituita da $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, più preferibilmente detta sabbia è costituita da $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Secondo una forma di realizzazione, detti aggregati hanno una dimensione (misurabile in termine di granulometria) ≤ 4 mm, preferibilmente compresa tra 0 e 4 mm. Ai fini della presente invenzione, detti aggregati aventi una dimensione (misurabile in termine di granulometria) ≤ 4 mm, preferibilmente compresa tra 0 e 4 mm, sono definiti anche come 30

“aggregati fini”. Preferibilmente, la malta della presente invenzione, secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione sopra descritte, è una malta da iniezione espansiva. Più preferibilmente, detta malta è caratterizzata dall'essere una malta a ritiro compensato e, nel passaggio dallo stato fresco allo stato indurito, possedere la capacità di generare un'espansione superiore a 500 µm/m, preferibilmente compresa tra 100 e 2000 µm/m.

Forma ulteriore oggetto della presente invenzione una malta premiscelata da re-idratare al momento del suo utilizzo, ovvero una malta comprendente la composizione secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione sopra descritte, cemento, fibre polimeriche e aggregati, anch'essi come sopra descritti e, preferibilmente, nelle quantità sopra descritte. Detta malta premiscelata da reidratare è una malta sotto forma di miscela secca. Secondo una tale forma di realizzazione, al momento del suo impiego, a detta malta premiscelata da reidratare viene aggiunta acqua, preferibilmente in una quantità compresa tra il 5 e il 15 % p/p (rispetto al peso della miscela secca). Secondo questa forma di realizzazione, detta malta, una volta miscelata con acqua, è una malta come sopra descritta, ovvero una malta cementizia, preferibilmente una malta da iniezione espansiva ed è preferibilmente caratterizzata dal possedere un ritiro compensato, a seguito dell'aggiunta di acqua, nel passaggio dallo stato fresco allo stato indurito, superiore a 500 µm/m, preferibilmente compreso tra 100 e 2000 µm/m. Ai fini della presente invenzione, l'espressione “malta allo stato fresco” significa che detta malta è stata idratata, ovvero una malta che non ha ancora iniziato le fasi successive all'idratazione che portano all'indurimento di detta malta. Senza volersi legare ad una specifica teoria, la Richiedente ha tuttavia trovato che la malta secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione della presente invenzione (che è definibile, ai fini della presente invenzione, anche come una malta cementizia inorganica espansiva fibro-rinforzata) grazie alla sua specifica formulazione e in particolare grazie alla

presenza della composizione dell'invenzione sopra descritta in combinazione con detto cemento, dette fibre polimeriche e detti aggregati, risulta essere una malta a ritiro controllato che permette di ottenere, una volta indurita, conglomerati cementizi (come descritti in seguito) caratterizzati non solo da elevate resistenze meccaniche ma anche dotati di eccellente resistenza nei confronti dei degradi (derivanti da attacchi chimici e/o da condizioni ambientali esterne) che normalmente affliggono i conglomerati cementizi ottenuti da malte standard. Come dimostrato anche nella seguente sezione degli esempi, i prodotti (i.e. i conglomerati) ottenibili dalla malta o dalla malta premiscelata una volta reidratata secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione precedentemente descritte, risultano essere efficacemente resistenti agli attacchi chimici, alla diffusione dello ione cloruro, proveniente sia da sali disgelanti che di origine marina, ai cicli gelo/disgelo e/o nei confronti del fenomeno di idrodinamica del pompaggio degli strati di allettamento di sotto lastra e/o alle distorsioni termiche nonché all'azione di solubilizzazione esplicata dalle acque dilavanti (i.e. risultano essere impermeabili) e/o dalle azioni di degrado derivanti da idrocarburi e/o oli lubrificanti.

Forma ulteriore oggetto della presente invenzione, l'uso della malta secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione sopra descritte per la messa in opera di opere cementizie, preferibilmente l'allettamento e/o l'ancoraggio e/o l'inghisaggio e/o la sigillatura, preferibilmente di piattaforme ferroviarie o un loro elemento, più preferibilmente piattaforme ferroviarie precompresse, ancora più preferibilmente piattaforme ferroviarie ballastless. Nella forma di realizzazione in cui detta malta è una malta premiscelata da reidratare, detto uso prevede l'aggiunta di acqua prima della messa in opera di dette opere cementizie.

La presente invenzione ha per oggetto anche un conglomerato cementizio ottenuto/ottenibile a partire dalla malta o dalla malta premiscelata da reidratare della presente invenzione secondo una qualsiasi delle forme di realizzazione sopra descritte, ovvero ottenuto/ottenibile mediante posa e

successivo indurimento di detta malta. In altre parole, detto conglomerato cementizio è un conglomerato cementizio realizzato con detta malta. In ancora altre parole detto conglomerato cementizio risulta essere la malta della presente invenzione nel suo stato indurito. Il conglomerato cementizio dell'invenzione permette vantaggiosamente di ancorare una piattaforma ferroviaria alle sue fondamenta/fondazione permettendo così di ottenere una struttura finale salda e vincolata. Preferibilmente detta piattaforma ferroviaria è una piattaforma ferroviaria precompressa, più preferibilmente di tipo ballastless. Secondo una forma di realizzazione preferita della presente invenzione, detto conglomerato cementizio è caratterizzato dal possedere almeno una delle seguenti caratteristiche:

- (a) resistenza ad attacco chimico, preferibilmente ad attacco di cloruri e/o solfati e/o idrocarburi e oli lubrificanti;
- (b) assorbimento capillare $\leq 0,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}0,5$;
- (c) resistenza nei confronti del fenomeno di idrodinamica del pompaggio degli strati di sotto lastra;
- (d) resistenza all'acqua, preferibilmente all'acqua comprendente uno o più ioni Na^+ , Mg^{2+} , Br^- , Cl^- , SO_4^{2-} , K^+ , Ca^{2+} ;
- (e) resistenza a shock termici e a cicli di gelo/disgelo, preferibilmente resistenza ad un numero cicli di gelo/disgelo superiore a 50;
- (f) carico di rottura superiore a 2,0 MPa, preferibilmente superiore a 2,5 MPa;
- (g) modulo elastico a compressione $\geq 20 \text{ GPa}$, preferibilmente $\geq 40 \text{ GPa}$, più preferibilmente $\geq 50 \text{ GPa}$ dopo 28 giorni di maturazione;
- (h) resistenza alla compressione secondo le norme UNI EN 12190 $\geq 40 \text{ MPa}$ dopo 1 giorno di maturazione, $\geq 50 \text{ MPa}$ dopo 7 giorni di maturazione e $\geq 70 \text{ MPa}$ dopo 28 giorni di maturazione;
- (i) resistenza alla flessione secondo la norma UNI EN 196-1 $\geq 6,0 \text{ MPa}$ dopo 1 giorno di maturazione e $\geq 10 \text{ Mpa}$ dopo 28 giorni di maturazione.

Secondo una forma di realizzazione preferita della presente invenzione, detto conglomerato cementizio è caratterizzato dal possedere almeno due,

preferibilmente almeno tre, più preferibilmente almeno quattro, ancora più preferibilmente almeno cinque, ancora più preferibilmente almeno sei, ancora più preferibilmente almeno sette, ancora più preferibilmente almeno otto di dette caratteristiche (a)-(i). Secondo una forma di realizzazione particolarmente preferita, detto conglomerato cementizio è caratterizzato dal possedere tutte le caratteristiche (a)-(i). Senza volersi legare ad una specifica teoria, la Richiedente ha tuttavia trovato che, grazie agli specifici composti selezionati per la composizione utilizzata come additivo all'interno della malta dell'invenzione, è possibile ottenere un conglomerato cementizio finale avente le desiderate e opportune caratteristiche meccaniche e di resistenza agli attacchi chimici e/o fisici e/o degli agenti ambientali esterni le quali permettono non solo di superare le norme previste nel settore ma anche di ottenere dei conglomerati cementizi, e, preferibilmente delle piattaforme ferroviarie, aventi proprietà superiori rispetto a quelli/e ottenibili con malte tradizionali. Senza volersi legare ad una specifica teoria, è tuttavia possibile sostenere che le suddette proprietà di resistenza al degrado sono collegate al fatto che i conglomerati cementizi secondo la presente invenzione, grazie alla specifica formulazione della malta da cui sono ottenuti, e in particolare, grazie alla presenza della composizione secondo la presente invenzione come additivo all'interno di detta malta, risultano possedere prodotti di reazione poco solubili e quindi non facilmente aggredibili.

ESEMPIEsempio 1 – Esperimenti di confronto

Al fine di poter studiare e quantificare le prestazioni della malta secondo la presente invenzione, sono stati realizzati conglomerati cementizi ottenuti con la malta premiscelata da reidratare secondo la presente invenzione avente la composizione riportata nella seguente tabella.

I conglomerati così ottenuti sono stati identificati con il nome “TM Mk 5.0-14”.

Tabella 1

Composti malta premiscelata da reidratare della presente invenzione		Quantità (% p/p)	Densità (Kg/m ³)	Peso specifico (Kg/L)	Volume (L)
Nome comune	Composto chimico				
Filler	CaCO ₃	2,89	60	2,710	22,14
Fumo di silice	SiO ₂	0,87	18	2,200	8,18
Superfluidificante	Policarbossilato etere (PCE)	0,36	7,5	1,000	7,50
Additivo antiritiro - SRA	Glicole esilenico	0,48	10	1,020	9,80
Modificatore di reologia	Esopolisaccaride	0,01	0,28	1,000	0,28
Anidrite	CaSO ₄	1,44	30	2,300	13,04
CSAK	C ₄ A ₃ SO ₃	7,08	147	3,100	47,42
Agente espansivo	CSA/CaSO ₄ diidrato	3,28	68	2,800	24,29
Agente accelerante	Na ₂ CO ₃	0,14	3,0	2,540	1,18
Agente ritardante	C ₆ H ₈ O ₇	0,19	4,0	1,660	2,41
Agente disareante	Polvere di Si organico	0,01	0,25	1,000	0,25
Agente aerante	Microsfere cave MSC	0,14	3,0	0,900	3,33
	Rosin Blend	0,005	0,1	1,000	0,10
0÷4 sabbia	CaMg(CO ₃) ₂	55,54	1153	2,590	445,17
Cemento	SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ ,	16,42	341	3,040	112,17

CEM IV A-V 42.5R	CaO, MgO, Al ₂ O ₃ , K ₂ O, Na ₂ O				
Fibre polimeriche	Polietilene (PE) – (C ₂ H ₄) _n	0,34	7	0,900	7,78
Aggiunta per la reidratazione della malta premiscelata da reidratare al momento dell'utilizzo					
Acqua	H ₂ O	10,79	224	1,000	224,00

Al fine di poter eseguire anche esperimenti di confronto sono stati realizzati conglomerati cementizi utilizzando una malta premiscelata da reidratare commerciale avente una composizione standard e differente da quella della presente invenzione come riportato nella seguente tabella.

- 5 I conglomerati così ottenuti sono stati identificati con il nome “REF”.

Tabella 2

Composti malta premiscelata da reidratare commerciale		Quantità (% p/p)	Densità (Kg/m ³)	Peso specifico (Kg/L)	Volume (L)
Nome comune	Composto chimico				
Filler	CaCO ₃	2,96	60	2,710	22,14
Fumo di silice	SiO ₂	0,74	15	2,200	6,82
Superfluidificante	Policarbossi lato etere (PCE)	0,22	4,5	1,000	4,50
Modificatore di reologia	Esopolisaccaride	0,01	0,15	1,000	0,15
Agente espansivo	CaO	1,48	30	2,800	10,71
Agente	Rosin Blend	0,007	0,2	1,000	0,15

aerante					
0÷4 sabbia	SiO ₂	61,32	1245	2,590	480,69
Cemento CEM I 52,5R	SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, Al ₂ O ₃ , K ₂ O, Na ₂ O	22,16	450	3,040	148,03
Fibre polimeriche	Polipropilene (PP) – (C ₃ H ₆) _n	0,07	1,5	0,900	1,67
Aggiunta per la reidratazione della malta premiscelata da reidratare al momento dell'utilizzo					
Acqua	H ₂ O	11,03	224	1,000	224,00

Per realizzare entrambe le tipologie di conglomerati, le malte premiscelate da reidratare sono state impastate con la percentuale di acqua (potabile) indicate nelle rispettive tabelle 1 e 2 sul peso del prodotto secco (ovvero della malta premiscelata secca). Gli impasti sono stati realizzati in laboratorio alla temperatura di 20 °C. utilizzando un'impastatrice per malte il cui volume reso massimo per ciclo è stato < 2,0 litri. Una volta ottenuti ed induriti i conglomerati, si è proceduto alla caratterizzazione della resistenza meccanica per ciascun campione sia a compressione che a flessione, ai seguenti intervalli di tempo: 1, 3, 7, 28, 60 e 90 giorni, includendo tutti i passaggi previsti dalla norma UNI 8984.

Più nello specifico, la resistenza a compressione è stata valutata secondo la norma UNI EN 12190 su conglomerati aventi forma cubica e dimensioni 40x40x40 mm, mentre la resistenza alla flessione è stata valutata secondo la norma UNI EN 196-1 su conglomerati aventi forma di travetto con dimensioni 40x40x160 mm. Nella seguente tabella sono riportati i risultati ottenuti per i due test sia nel caso dei conglomerati ottenuti con la malta secondo la presente invenzione che nel caso dei conglomerati ottenuti da malte standard impiegati per il confronto (REF).

Tabella 3

Giorni	Resistenza alla compressione (UNI EN 12190)* – MPa		Resistenza alla flessione (UNI EN 196-1)* – MPa	
	TM Mk 5.0-14	REF	TM Mk 5.0-14	REF
1	40,75	12,63	8,63	1,53
3	45,91	20,75	9,12	4,82
7	52,41	24,84	10,21	5,92
28	71,25	36,85	11,70	6,12
60	76,34	44,25	12,26	6,86
90	82,38	47,05	12,66	7,09

* Per entrambi i test, i campioni sono stati maturati in acqua alla temperatura di 20 °C ± 2 °C.

- 5 Per la valutazione delle proprietà espansive della malta secondo la presente invenzione, sempre comprate alla malta di riferimento REF, si è proceduto inizialmente ad effettuare delle prove di espansione libera in fase plastica (ovvero a seguito dell'aggiunta di acqua) secondo la norma UNI 8996. I risultati ottenuti sono mostrati nella seguente tabella.

10 Tabella 4

	TM Mk 5.0-14	REF
Espansione libera (UNI 8996)	0,32%	0,08%

Sono stati inoltre eseguiti test di espansione contrastata condotti come prescritto dalla norma UNI 8147 (metodo A e B) i cui valori sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 5

Giorni	Test espansione contrastata (UNI 8147)	Test espansione contrastata (UNI 8147)

	Metodo B** – Variazione lineare $\mu\text{m}/\text{m}$		Metodo A* – Variazione lineare $\mu\text{m}/\text{m}$
	TM Mk 5.0-14	REF	TM Mk 5.0-14
0	0	0	0
1	592	28	285
2	691	-32	451
3	656	-48	497
4	572	-104	560
5	478	-116	562
6	436	-128	580
7	428	-223	582
14	385	-317	610
28	279	-619	748
60	156	-722	812
90	92	-810	861

*Metodo A: Maturazione in acqua satura di calce alla temperatura 20 °C

**Metodo B: Protezione dei campioni per 48 ore con film di polietilene alla temperatura di 20 °C e la successiva esposizione, fino al termine della prova, ad un ambiente insaturo costituito da T = 20 °C e umidità relativa

5 (U.R.) = 55%.

Si tenga presente come i valori positivi nella suddetta Tabella 5 si riferiscano all'espansione, mentre quelli negativi al ritiro.

Come si può apprezzare dai risultati riportati in tabella, benché il ritiro 10 esplichi la sua, tuttavia, le sollecitazioni di trazione che si indurrebbero in tale situazione, sono completamente compensate dalla compressione triassiale residua che, oltre i 90 giorni, cioè la soglia oltre la quale TM Mk 5.0-14 ha già esaurito l'aliquota maggiore del ritiro, rimane su valori positivi.

15 Esempio 2 – Caratterizzazione proprietà meccaniche e di resistenza agli agenti chimici

Al fine di eseguire ulteriori caratterizzazioni chimico-fisiche, sono stati realizzati conglomerati cementizi a partire dalla malta avente composizione come riportata nella Tabella 1, opportunamente reidratata come descritto nell'Esempio 1. Tre provini aventi dimensioni di prismi

- 5 come mostrato nella seguente tabella (Tabella 6) sono stati testi per valutarne il modulo elastico (secondo la norma UNI EN 13412).

I risultati sono mostrati nella seguente tabella.

Tabella 6

Provino	Lunghezza (mm)	Base (mm)	Altezza (mm)	Modulo elastico E (N/mm²)
1	160	40	40	46383
2	160	40	40	44251
3	160	40,6	40	47365

Successivamente, sono stati realizzati sette provini (denominati TM Mk

- 10 5.0-14) aventi forma cubica e dimensioni 40x40x40 mm. Dopo essere stati pesati, tali provini sono stati immersi per 1000 ore in diversi liquidi con il seguente criterio. Provini 1, 2 e 3: immersi in acqua demineralizzata alla temperatura di 40 °C ± 2 °C. Provini 4 e 5: immersi in olio lubrificante semisintetico per motori a combustione interna (denominato olio 10W/40) 15 alla temperatura di 23 °C ± 2 °C. Provini 6 e 7: immersi in combustibile senza piombo alla temperatura di 23 °C ± 2 °C.

Dopo il suddetto lasso di tempo, i provini sono stati tolti dall'immersione e lasciati 24 ore all'aria. Subito dopo, è stata registrata la differenza di peso di ciascun provino e sono state eseguite le prove di compressione 20 secondo la norma UNI EN 12190. Nelle seguenti tabelle (Tabella 7 e 8) sono riportati i risultati ottenuti.

Tabella 7 – Differenza tra il peso dei provini prima e dopo le 1000 ore di immersione

Immersione	Provino	Peso	Peso	Differenza	Danneggiamento

	TM Mk 5.0-14	iniziale (g)	finale (g)	(g)	
Acqua 40 °C	1	148,96	149,53	0,57	nessuno
	2	150,70	151,12	0,42	nessuno
	3	149,78	150,14	0,36	nessuno
Olio 10W/40	4	147,30	147,71	0,41	nessuno
	5	149,78	149,91	0,13	nessuno
Combustibile senza piombo	6	150,78	149,68	-1,10	nessuno
	7	148,38	147,26	-1,12	nessuno

Tabella 8 – Determinazione della resistenza a compressione su cubetti 40x40x40mm dopo 1000 ore di immersione (UNI EN 12190)

Resistenza alla compressione				Valore medio
Liquido di immersione	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
Acqua 40 °C	85,84	88,60	82,16	85,53
Combustibile senza piombo	78,48	82,47	\	80,47
Olio 10W/40	78,48	77,25	\	77,87

Nel caso dei provini immersi in acqua demineralizzata alla temperatura di

- 5 40 °C ± 2 °C (Provini 1, 2 e 3), è stato determinato anche l'assorbimento d'acqua per capillarità secondo la norma UNI EN 13057:2003. I risultati sono riportati nella seguente tabella e nella Figura 1.

Tabella 9

Determinazione dell'assorbimento capillare – UNI EN 13057					
Tempo (minuti)	Radice quadrata del	Assorbimento d'acqua per unità di superficie (kg/m ²)	Media (kg/m ²)	Fronte umido a 2	S (kg/(m ² x h ^{0,5}))

	tempo (h ^{0,5})					ore (mm)	
		Provino 1	Provino 2	Provino 3			
0	0	0	0	0	0	13	0,28
12	0,4	0,31	0,28	0,28	0,29		
30	0,7	0,40	0,38	0,36	0,38		
60	1,0	0,49	0,46	0,45	0,46		
120	1,4	0,57	0,57	0,54	0,56		
240	2,0	0,67	0,66	0,62	0,65		
480	2,8	0,75	0,79	0,74	0,76		
1440	4,9	0,81	0,96	0,88	0,88		

Al fine di determinare la compatibilità termica (secondo la norma EN 13687-1) e il comportamento dei conglomerati secondo la presente invenzione a cicli di gelo e disgelo in sali disgelanti, su tre provini di calcestruzzo (e.g. lastra di calcestruzzo tipo MC 0,40 conforme alla norma

- 5 UNI EN 1766) delle dimensioni di 300 mm x 300 mm x 100 mm è stato applicato uno strato di malta secondo la presente ottenuta come descritto nell'Esempio 1 (TM Mk 5.0-14). Tutte le superfici dei provini sono state rivestite, eccetto la faccia di prova, con una resina termoindurente al fine di evitare la penetrazione di liquido nel lato e nel retro del provino di calcestruzzo durante la prova. Nella seguente tabella 10 sono riportati i risultati ottenuti relativi alla determinazione della compatibilità termica (secondo la norma EN 13687-1) e il comportamento dei conglomerati secondo la presente invenzione a cicli di gelo e disgelo in sali disgelanti assieme alle prove per la determinazione dell'aderenza per trazione diretta secondo la norma UNI EN 1542 sul provino di riferimento e sui provini sottoposti ai cicli gelo/disgelo assieme alle indicazioni delle rispettive modalità di distacco.
- 10 15

Tabella 10

Provino	Dimensioni (mm)	Spessore (mm)	N° di cicli effettuati	Alterazioni superficiali	PULL-OFF UNI EN 1542 (MPa)
1	300x300x100	15	Nessuno	-	3,44
2	300x300x100	15	50	Nessuna	3,13
3	300x300x100	15	50	Nessuna	3,51

Note:

Substrato di supporto costituito da lastra di calcestruzzo tipo MC (0,40) conforme alla norma UNI EN 1766 rivestito con strato di malta TM Mk 5.0-14 di spessore 15 mm. Le prove sono state svolte su provini confezionati 5 in laboratorio. Stagionatura: secondo UNI EN 13687-1 Appendice A per le malte tipo CC. Provino n.1: provino testimone. Provini n.2 e 3: provini sottoposti a 50 cicli alternati di gelo/disgelo in presenza di soluzione salina. Soluzione salina utilizzata: sodio cloruro saturo. Ogni 10 cicli, ed al termine dei 50 cicli previsti, i provini sono stati osservati per rilevare 10 eventuali alterazioni della superficie come previsto dalla norma UNI EN13687-1. Al termine dei 50 cicli, è stata eseguita la prova di adesione (pull-off) su tutti i provini sulla base di quanto previsto dalla norma UNI EN 1542.

I risultati mostrato come, anche dopo 50 cicli di gelo/disgelo, i 15 conglomerati secondo la presente invenzione mantengono sostanzialmente inalterate le loro proprietà di aderenza mostrandosi di fatto ideali per l'allettamento di piattaforme ferroviarie.

IL MANDATARIO
D.ssa Cristina Biggi
(Albo iscr. n. 1239 B)

RIVENDICAZIONI

1. Composizione comprendente:

- una prima aggiunta minerale comprendente almeno un filler di carbonato di calcio (CaCO_3);
- 5 - una seconda aggiunta minerale scelta nel gruppo costituito da: microsilice (SiO_2), cenere volante, loppa di altoforno, pozzolana, geopolimeri, e una loro combinazione;
- almeno un superfluidificante scelto nel gruppo degli eteri policarbossilati (PCE), preferibilmente metacrilato sostituito con poliossalimetilene;
- 10 - almeno un additivo antiritiro (SRA - *Shrinkage reducing admixture*) scelto tra un additivo antiritiro a base di glicoli o poliglicoli, preferibilmente scelto nel gruppo costituito da: glicole esilenico, polipropilen glicole, neopentil glicole, poliossalipropilen glicole, e una loro combinazione;
- 15 - almeno un modifikatore di reologia scelto nel gruppo degli esopolisaccaridi, preferibilmente scelti nel gruppo costituito da: gomma Welan, gomma gellano, o una loro combinazione;
- almeno un agente espansivo scelto tra calcio solfoalluminato (CSA), solfato di calcio diidrato, ossido di calcio (CaO), ossido di magnesio (MgO), e una loro combinazione;
- 20 - anidrite (solfato di calcio anidro); e
- almeno un clinker calcio solfoalluminato (CSAK).

2. Composizione secondo la rivendicazione 1 ulteriormente comprendente:

- almeno un agente accelerante scelto nel gruppo costituito da: tiocianato di potassio, carbonato di sodio, carbonato di litio, e una loro combinazione; e/o
- almeno un agente ritardante scelto nel gruppo costituito da: acido citrico, acido tartarico, gluconati, e una loro combinazione; e/o
- 30 - almeno un agente antischiuma scelto nel gruppo costituito da:

polvere di silicio organico, polidimetilsilossano modificato, o una loro combinazione.

3. Composizione secondo la rivendicazione 1 o 2 ulteriormente comprendente un additivo che permette lo sviluppo di una pluralità di bolle d'aria micrometriche all'interno della composizione, detto additivo essendo scelto tra: detergenti sintetici, sali di ligninsolfonato, acidi del petrolio, sali organici di idrocarburi solfonati, resina vinsol, sali di resine del legno (Rosin Blend), microsfere cave MSC (mesoporous single crystal), preferibilmente microsfere cave di PVC, e una loro combinazione.

10 4. Composizione secondo la rivendicazione 1 in cui:

- detta prima aggiunta minerale è presente in una quantità compresa tra il 5 e il 30% p/p;
- detta seconda aggiunta minerale è presente in una quantità compresa tra l'1 e l'11% p/p;
- 15 - detto almeno un superfluidificante è presente in una quantità compresa tra l'1 e il 5% p/p;
- detto almeno un additivo antiritiro è presente in una quantità compresa tra l'1 e il 5% p/p;
- detto almeno un modifikatore di reologia è presente in una quantità compresa tra lo 0,01 e il 2% p/p;
- 20 - detto almeno un agente espansivo è presente in una quantità compresa tra il 5 e il 40% p/p;
- detta anidrite è presente in una quantità compresa tra il 5 e il 35% p/p; e
- 25 - detto almeno un clinker calcio solfoalluminato è presente in una quantità compresa tra il 5 e il 35% p/p.

5. Composizione secondo la rivendicazione 2 in cui:

- detto almeno un agente accelerante è presente in una quantità compresa tra lo 0,01 e il 2% p/p; e/o
- 30 - detto almeno un agente ritardante è presente in una quantità compresa tra lo 0,01 e il 2% p/p; e/o

- detto almeno un agente antischiuma è presente in una quantità compresa tra lo 0,01 e il 2% p/p.
6. Composizione secondo la rivendicazione **3** in cui detto additivo che permette lo sviluppo di una pluralità di bolle d'aria micrometriche è
- 5 presente:
- in una quantità compresa tra lo 0,01 e il 5% p/p nel caso in cui detto additivo è scelto tra detergenti sintetici, sali di ligninsolfonato, acidi del petrolio, sali organici di idrocarburi solfonati, resina vinsol, sali di resine del legno (Rosin Blend), e una loro combinazione;
- 10 - in una quantità compresa tra l'1 e il 5% p/p nel caso in cui detto additivo sono microsfere cave MSC (mesoporous single crystal), preferibilmente microsfere cave di PVC.
7. Uso della composizione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da **1** a **6** come additivo per malte, preferibilmente per malte espansive da
- 15 iniezione o colaggio, scelte tra malte per l'allettamento e/o l'ancoraggio e/o l'inghisaggio e/o la sigillatura, più preferibilmente malte per l'allettamento e/o l'ancoraggio e/o l'inghisaggio e/o la sigillatura di piattaforme ferroviarie o un loro elemento, preferibilmente di piattaforme ferroviarie precomprese, più preferibilmente di piattaforme ferroviarie ballastless.
- 20 8. Malta comprendente la composizione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da **1** a **6**, cemento, fibre polimeriche e aggregati, detti aggregati essendo scelti nel gruppo costituito da: pietre, aggregati artificiali, sabbia rocce endogene, rocce esogene, argilla espansa, vetro, o una loro combinazione, detta malta essendo una malta in forma secca da
- 25 reidratare.
9. Malta ottenuta miscelando la composizione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da **1** a **6** con acqua, cemento, fibre polimeriche e aggregati, detti aggregati essendo scelti nel gruppo costituito da: pietre, aggregati artificiali, sabbia rocce endogene, rocce esogene, argilla espansa, vetro, o una loro combinazione.
- 30 10. Malta secondo la rivendicazione **8** o **9** in cui detto cemento è scelto nel

gruppo costituito da: cemento Portland, cemento composito, OPC Ordinary portland cemento comune secondo la norma EN 197-1, UNI 9156, UNI 9606, ASTM C150, ASTM C595, JIS R 5210-5211-5212-5213-5214, o una loro combinazione.

- 5 **11.** Malta secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da **8** a **10** in cui dette fibre polimeriche sono scelte nel gruppo costituito da polimeri poliolefinici, fibre in polietilene, polipropilene, poliammidi aromatiche, poliammidi alifatiche, o una loro combinazione.
- 10 **12.** Malta secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da **8** a **11** in cui detta composizione secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da **1** a **6** è aggiunta in una quantità compresa tra il 2 e il 20% p/p; detta acqua è aggiunta in una quantità compresa tra il 5 e il 15 % p/p; detto cemento è aggiunto in una quantità compresa tra il 10 e il 35% p/p: dette fibre polimeriche sono aggiunte in una quantità compresa tra lo 0,1 e il 5%p/p; 15 e detti aggregati sono aggiunti in una quantità compresa tra il 20 e l'80% p/p.
- 20 **13.** Malta secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da **8** a **12**, detta malta essendo una malta da iniezione espansiva e caratterizzata dal possedere un ritiro compensato superiore a 500 µm/m, preferibilmente compreso tra 100 µm/m e 2000 µm/m.
- 25 **14.** Uso della malta secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da **8** a **13** per la messa in opera di opere cementizie, preferibilmente l'allettamento e/o l'ancoraggio e/o l'inghisaggio e/o la sigillatura, ancora più preferibilmente per l'allettamento e/o l'ancoraggio e/o l'inghisaggio e/o la sigillatura di piattaforme ferroviarie o un loro elemento, preferibilmente piattaforme ferroviarie precomprese, più preferibilmente piattaforme ferroviarie ballastless.
- 30 **15.** Conglomerato cementizio realizzato con la malta secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da **8** a **13** e caratterizzato dal possedere almeno una delle caratteristiche:
 - (a) resistenza ad attacco chimico, preferibilmente ad attacco di cloruri e/o

- solfati e/o idrocarburi e oli lubrificanti;
- (b) assorbimento capillare $\leq 0,5 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$ 0,5;
- (c) resistenza nei confronti del fenomeno di idrodinamica del pompaggio degli strati di sotto lastra;
- 5 (d) resistenza all'acqua, preferibilmente all'acqua comprendente uno o più ioni Na^+ , Mg^{2+} , Br^- , Cl^- , SO_4^{2-} , K^+ , Ca^{2+} ;
- (e) resistenza a shock termici e a cicli di gelo/disgelo, preferibilmente resistenza ad un numero cicli di gelo/disgelo superiore a 50;
- (f) carico di rottura superiore a 2,0 MPa, preferibilmente superiore a 2,5 10 MPa;
- (g) modulo elastico a compressione $\geq 20 \text{ Gpa}$, preferibilmente $\geq 40 \text{ Gpa}$ più preferibilmente $\geq 50 \text{ GPa}$ dopo 28 giorni di maturazione;
- (h) resistenza alla compressione secondo le norme UNI EN 12190 $\geq 40 \text{ Mpa}$ dopo 1 giorno di maturazione, $\geq 50 \text{ Mpa}$ dopo 7 giorni di maturazione 15 e $\geq 70 \text{ MPa}$ dopo 28 giorni di maturazione;
- (i) resistenza alla flessione secondo la norma UNI EN 196-1 $\geq 6,0 \text{ MPa}$ dopo 1 giorno di maturazione e $\geq 10 \text{ Mpa}$ dopo 28 giorni di maturazione.

IL MANDATARIO

D.ssa Cristina Biggi
(Albo iscr. n. 1239 B)

Fig. 1

