Scorie di acciaieria: un nuovo aggregato ad elevate caratteristiche per conglomerati bituminosi speciali

Steel remains: a new high characteristics aggregate for special bituminous mixtures

SERGIO PORISIENSI
Dipartimento Ricerca Sviluppo ed Ambiente, Ferriere Nord Spa
MAURO MASCHIETTO, PAOLO GRANDESSO
C.R.S. Centro Ricerche Stradali Spa

Riassunto

L'aderenza al pneumatico è una prerogativa fondamentale della pavimentazione stradale e dipende dalla micro e macro rugosità degli inerti impiegati nella miscela dello strato d'usura. Tali caratteristiche scaturiscono dalle qualità proprie della roccia di origine e dalle modalità di trattamento durante il ciclo di frantumazione. L'articolo descrive le proprietà di un prodotto ricavato dalle scorie di acciaieria nei forni ad arco voltaico, destinato proprio a integrare (e forse in futuro a sostituire) gli inerti di origine naturale nel confezionamento dei conglomerati bituminosi speciali.

Summary

The adhesion to the tyre is a very important characteristic of a road pavement and depends on the micro and macro wrinkleless of the inert employed in the mixture of the wearing course. These characteristics derives from the own qualities of the natural origin mineral and from the treatment modalities during the chipping cycle.
The paper describes the properties of a product obtained from the steel mill remains into voltaic arc furnace, used to integrate (and maybe to substitute, in future) the natural origin inert in the preparation of special bituminous mixtures.

1. Premessa

La richiesta di pavimentazioni stradali sempre più sicure e performanti e l'attenzione crescente verso le tematiche ambientali implica una ricerca continua di nuovi materiali e nuove tecnologie per il miglioramento dei manufatti e la salvaguardia delle risorse naturali.
In quest'ottica si inquadra anche la realizzazione di un nuovo prodotto ad elevate caratteristiche, derivante dalla lavorazione e dalla trasformazione di un residuo della produzione dell'acciaio, la scoria di acciaieria.

La Ferriere Nord di Osoppo (UD), con la collaborazione di ditte operanti nel settore dei servizi e delle costruzioni meccaniche e stradali, e con il supporto tecnico del laboratorio prove materiali stradali C.R.S. Centro Ricerche Stradali, ha messo a punto e realizzato un processo produttivo che consente di ottenere, partendo dalla scoria di acciaieria, materiali adatti al confezionamento di manti speciali in conglomerato bituminoso ad elevate prestazioni.
I materiali ottenuti da questo processo hanno caratteristiche fisiche e meccaniche tali da essere migliorativi

rispetto ad inerti pregiati di origine effusiva quali basalto, diabase e porfido, normalmente impiegati per il confezionamento di conglomerati drenanti, fonoassorbenti ed ad elevata aderenza. Di ciò si è avuto riscontro nei campi prova e successive applicazioni su larga scala eseguite in collaborazione con la Società Autovie Venete sulla rete autostradale in concessione.

2. Il progetto "granella"

Il forno elettrico ad arco, utilizzato nell'industria siderurgica per produrre acciaio partendo dal rottame ferroso, genera anche un sottoprodotto denominato scoria di acciaieria.
Questo materiale si forma sopra il bagno di fusione dell'acciaio come risultato della ossidazione delle impurezze e dei composti generati dagli additivi inseriti nella carica del forno elettrico (Fig.1).

FIG. 1 Acciaio fuso

La sua composizione chimica presenta differenze legate alla qualità del rottame utilizzato, alla quantità di ossigeno insufflato nel bagno e alla pratica di conduzione del forno; può essere comunque assimilata alle rocce naturali effusive di origine vulcanica consistenti principalmente in ossidi e silicati di ferro e calcio.
Nella ricerca della valorizzazione della scoria di acciaieria sono state condotte campagne di prove di laboratorio che hanno dimostrato la validità dell'utilizzo dei granulati di scoria di acciaieria nella produzione di manti bituminosi.

Successivamente è stato avviato un programma di innovazione tecnologica che ha consentito la realizzazione di un impianto per produrre i granulati calibrati partendo dalla scoria di acciaieria.
Sulle granulometrie ottenute sono state effettuate le dovute caratterizzazioni, da parte di laboratori specializzati, seguendo gli *standard* previsti dalla normativa vigente.
E' stata perciò realizzata una tratta sperimentale sulla rete autostradale con monitoraggio nel tempo del comportamento del manto; gli eccellenti risultati hanno portato al riconoscimento della validità di tale impiego da parte degli enti certificanti.
Dal 1999, granelle di varie pezzature vengono fornite alle ditte specializzate per le realizzazione di manti di usura speciali, sia stradali che autostradali.
Dal 1° Giugno 2004 questi aggregati sono certificati e dotati di marchio CE in conformità alla direttiva 89/106/EEC ai sensi della norma UNI EN 13043 (Fig. 2).

FIG. 2 Granella "8/14" con marcatura CE

3. Il processo produttivo

La produzione di acciaio con forno ad arco utilizza come materia prima il rottame di ferro che, assieme a ghisa, additivi formatori di scoria e carbone, viene caricato nel forno elettrico (Fig. 3).
La fusione della carica viene provocata dall'energia elettrica fornita agli elettrodi e dall'energia chimica prodotta dall'insufflazione intensa di ossigeno, carbone e metano. E' in questa fase che si forma la scoria di acciaieria, materia base per la produzione di della granella.

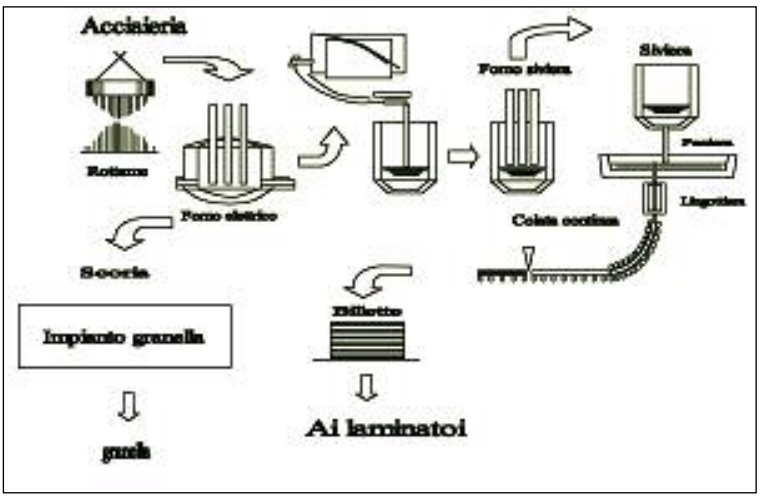

FIG. 3 **Ciclo di produzione in acciaieria**

Alla temperatura di circa 1650 °C l'acciaio liquido viene spillato in siviera, un contenitore rivestito di materiale refrattario in grado di contenere l'acciaio a queste temperature. Si procede quindi con il trattamento al forno siviera dove è possibile aggiungere ferroleghe, insufflare gas inerti ed apportare energia allo scopo di ottenere l'omogeneità chimica e termica per raggiungere la temperatura, la composizione prestabilita e la necessaria pulizia dell'acciaio.
Raggiunti gli obiettivi si invia l'acciaio ad un impianto di colata continua dove vengono prodotte le "billette" che vengono inviate a parco in attesa della laminazione.
La scoria estratta dal forno subisce un raffreddamento controllato ed accelerato con spruzzi d'acqua e viene portata nell'area di stagionatura dove rimane il tempo necessario alla sua completa stabilizzazione che si realizza naturalmente con la carbonatazione e l'idratazione delle frazioni di ossido di calcio e magnesio non legati.
Successivamente il materiale viene caricato nell'impianto di trasformazione dove subisce una doppia fase di frantumazione mediante mulini primari e finitori; la frazione metallica in esso contenuta viene estratta attraverso ripetuti passaggi su tamburi e nastri magnetici.
Si passa quindi alla fase di vagliatura da cui vengono estratte le varie frazioni di diversa pezzatura che se non conformi ai parametri stabiliti possono essere riprocessate fino all'ottenimento del prodotto desiderato.
Nella qualità del prodotto finale assume fondamentale importanza l'accurata selezione dei materiali di partenza, la completa separazione delle fasi che possono contenere ossidi liberi di calcio e magnesio, la corretta applicazione delle procedure e dei processi di trasformazione ed il controllo statistico di qualità sul prodotto ottenuto.

4. Caratteristiche dei materiali ottenuti

Affinchè i materiali così prodotti possano essere utilizzati nel campo dei conglomerati bituminosi stradali è necessario qualificarli sulla base delle consuete prove granulometriche, geometriche e meccaniche.
Si è provveduto, pertanto, con l'ausilio dei macchinari e delle apparecchiature esistenti presso il C.R.S. a sottoporre i materiali prodotti ad una serie di test.
Delle varie pezzature derivanti dal ciclo di frantumazione si è scelto di qualificare quelle rientranti nelle categorie delle graniglie e dei pietrischetti poiché più interessanti nelle applicazioni per strati di usura e/o irruvidimento.
Dai valori delle prove, i cui dati sono raccolti nella Tab. 1, si può derivare un giudizio particolarmente positivo soprattutto se questi dati, in particolare quelli di resistenza alle prove meccaniche, vengono confrontati con quelli analoghi e relativi agli inerti di origine vulcanica utilizzati in campo stradale (vedi Tab. 2).

TAB. 1 **Prove di caratterizzazione del 4/8 e dell'8/12 mm**

Pezzatura inerte	Indice di forma	Indice di appiattimento	LA	CLA
4 – 8 mm	0,29	3,8	13,2	0,62
8 – 12 mm		2,9		

TAB. 2 **Valori tipici di CLA e LA per alcuni materiali**

Materiale	CLA	LA
Basalto	0,42 – 0,45	14 – 17
Andesite	0,46 – 0,50	18 – 20
Diabase	0,45 – 0,49	15 – 18
Porfido	0,45 – 0,48	16 – 20
Scorie da forno elettrico	> 0,60	13 – 14

I valori degli indici di forma ed appiattimento (Norma CNR B.U. 95/84) indicano la bassa percentuale di elementi di forma non poliedrica; inoltre le resistenze meccaniche alle prove di frammentazione (LA) e levigatura accelerata (CLA) ben testimoniano dell'ottima predisposizione di questo materiale ad essere impiegato in quelle applicazioni ove sia necessario rispondere a sollecitazioni ad usura particolarmente pesanti.
I materiali così confezionati di per se stesso forniscono ampie garanzie di miglioramento delle pavimentazioni; prima di validare il processo si è voluto studiare gli effetti del suo utilizzo su una pavimentazione in conglomerato bituminoso di tipo chiuso verificandone le caratteristiche funzionali (in particolar modo l'aderenza), organizzando due campagne di indagini a distanza di tempo.
Si è proceduto, pertanto, a studiare delle composizioni granulometriche rientranti in un fuso di tipo *splittmastix* nel quale l'aggregato grosso fosse costituito dalla granella prodotta partendo dalla scoria di acciaieria.
Il conglomerato così confezionato all'impianto e successivamente messo in opera è stato valutato secondo i consueti test di laboratorio oltre che verificato nel tempo dal punto di vista dell'aderenza (Fig. 3).
Si è potuto constatare che l'uso di granella non introduce alcuna problematica nel legame bitume-inerte.
I quantitativi di legante rimangono nella media percentuale calcolata per gli usi con inerti di cava; va tenuto conto che il peso specifico del conglomerato aumenta di un 20% circa.

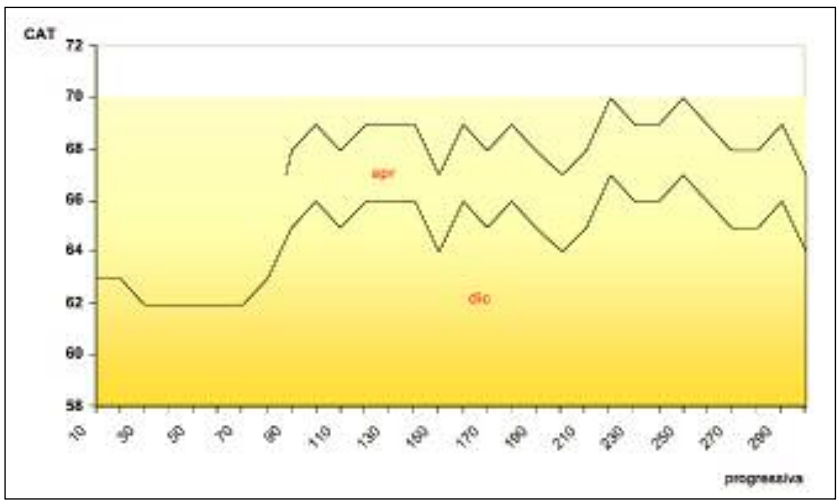

FIG. 3 Misure di CAT eseguite a distanza di 8 mesi

Il coefficiente di aderenza trasversale (CAT) misurato con apparecchiatura SCRIM è maggiore di almeno un 10% rispetto al medesimo tipo di tappeto confezionato con inerte basaltico. A distanza di 8 mesi il decadimento non supera il 4% del valore iniziale.

5. Applicazioni

Sulla scorta dei risultati verificati è evidente che il suo utilizzo principale debba essere indirizzato verso tutte quelle applicazioni ove, le migliori combinazioni di micro e macrorugosità, aumentano i valori di aderenza. Pertanto i tipi di conglomerati per i quali sarebbe opportuno prevedere l'uso della granella di scoria e dei quali sono state eseguite lavorazioni su scala industriale, successive alla verifica sperimentale di campi prova su strade soggette alle più diverse tipologie di traffico, sono i seguenti:

- *Conglomerati drenanti singolo e doppio strato:* è notoriamente dimostrato che questo tipo di conglomerati, molto efficaci dal punto di vista della sicurezza della circolazione in condizioni di pioggia, presenti in condizioni normali un coefficiente di aderenza inferiore a quello di un'analoga pavimentazione chiusa. L'utilizzo di granella di scoria permette di raggiungere anche con questo tipo di pavimentazioni un CAT molto buono.
- *Conglomerati antisdrucciolo:* l'uso di queste pavimentazioni in zone limitate e particolarmente pericolose fa sì che siano richiesti valori di aderenza molto elevati anche in condizioni di sollecitazioni di taglio molto forti. Grazie alla minima perdita di macrorugosità ottenibile attraverso l'uso della granella si possono mantenere nel tempo l'efficacia delle prestazioni.
- *Conglomerati chiusi macrorugosi tipo "splittmastix":* l'uso della granella, come dimostrato dalle sperimentazioni fornisce incrementi di prestazioni sufficienti.
- *Microtappeti a freddo tipo slurry seal:* analogamente a quanto descritto per i conglomerati antisdrucciolo l'uso della

granella produce valori di aderenza in tutte le condizioni di grande efficacia. Anche questa applicazione è stata testata con prove sul campo dimostrando oltre la possibilità di ottenere valori di CAT prossimi a 90, anche la piena compatibilità dell'aggregato con l'emulsione modificata, addirittura con quantità quasi nulle di inerte rigettato per scarsa adesione.

6. Considerazioni conclusive

I risultati delle prove effettuate sui materiali ed il responso delle applicazioni stradali evidenziano che la granella ottenuta dalla trasformazione della scoria di acciaieria, se effettuata attraverso un processo di trasformazione adeguato, risulta essere un materiale interessante e di elevate caratteristiche soprattutto se impiegato nei conglomerati speciali.
L'impiego di questi nuovi prodotti, grazie alle caratteristiche di elevata aderenza ed alla macrorugosità che si mantiene nel tempo, apporta significativi miglioramenti nelle caratteristiche delle pavimentazioni stradali aumentandone il livello di sicurezza.
L'applicazione deriva da un nuovo modo di operare delle aziende, sempre più attente alle tematiche dello sviluppo sostenibile, che ha come obbiettivo il recupero di tutti i sottoprodotti di processo.
Ciò avviene attraverso la ricerca di nuove tecniche di valorizzazione dei materiali di scarto, che consentano di migliorarne le caratteristiche e ne rendano possibile l'utilizzo in sostituzione di materie prime naturali. ■