

Il conglomerato semicaliente: un'innovazione spagnola

The "semicaliente" mix: a Spanish invention



**RAMON TOMAS RAS
EMANUELE INTERLANDO**

ATEB – Associazione Tecnica dell'Emulsione Bituminosa

Riassunto

Tra le tecnologie per il riciclaggio delle pavimentazioni viene proposta una nuova tecnica che impiega emulsione bituminosa a temperature intorno agli 80÷90 °C. L'ambito di applicazione di questa tecnica riguarda sia il riciclaggio in impianto sia quello in sito. L'articolo propone le sperimentazioni e le esperienze dei ricercatori spagnoli.

Summary

Among pavement recycling technologies, a new technique has been developed, based on the use of bitumen emulsions at temperatures around 80÷90 °C. The application area of this technique concerns both in-plant and in situ recycling. This paper describes experiments and experiences of Spanish researchers.

1. Premessa

Si definiscono "semi-caldi" i conglomerati bituminosi che utilizzano emulsione bituminosa come legante, la cui fabbricazione avviene comunque in un normale impianto per la produzione di conglomerati a caldo ma utilizzando temperature intorno agli 80÷90 °C.

Le proprietà intrinseche di questi conglomerati permettono lo stoccaggio in cumuli e l'utilizzo in un intervallo temporale relativamente ampio, funzione anche delle locali condizioni climatiche, fino a quando questo non si raffreddi al disotto dei 40÷50 °C.

Questa tecnologia permette di unire i vantaggi del sistema a caldo con quelli del sistema a freddo.

Esistono essenzialmente due tipi di applicazioni per questa tecnica di confezionamento di conglomerati semi-caldi:

1. produzione di conglomerati porosi utilizzati soprattutto per la manutenzione di pavimentazioni con strati d'usura drenanti;
2. riciclaggio del 100% delle pavimentazioni.

Nel primo caso, è possibile ottenere conglomerati drenanti con un sistema di fabbricazione a basse temperature con caratteristiche meccaniche del tutto simili ai conglomerati drenanti prodotti con il metodo classico a caldo. A tale scopo si utilizzano delle emulsioni modificate, che mescolate agli inerti, permettono di ottenere un conglomerato a più basse temperature che non comporta, successivamente, problemi di compattazione.

Questi tipi di conglomerati hanno in genere una percentuale di vuoti superiore al 25% ed hanno un'alta coesione iniziale che permette l'immediata apertura al traffico, subito dopo la stesa e la compattazione. Le prime esperienze fatte già più di cinque anni fa permettono di affermare che il comportamento di questo tipo di materiale è molto buono.

Nel secondo caso l'applicazione dei conglomerati semi-caldi è complementare alle tecnologie di riciclaggio utilizzate sino ad oggi. Permette il riciclaggio in impianto del 100% del materiale fresato. Questo siste- ➤

ma di riciclaggio si affianca ai sistemi di riciclaggio a freddo del materiale in situ e a quelli di riciclaggio a caldo in impianto.

Riciclando in impianto si possono controllare in anticipo le caratteristiche del fresato (e correggerle, se necessario) lavorando con temperature tra gli 80 e i 90 °C. Queste temperature di lavorazione consentono l'evaporazione della quasi totalità dell'acqua contenuta nell'emulsione e quindi il metodo utilizzato conferisce alle mescole un'alta coesione iniziale e un dosaggio dei componenti totalmente controllato.

Oltre ai vantaggi tecnici, non è trascurabile il contributo di questo sistema ecologico ai parametri di sviluppo sostenibile dovuto al fatto che si utilizza un legante a freddo e che si riciclano tutti i materiali che si trovano sulla strada invecchiata.

2. Aspetti generali

La necessità di ridurre le emissioni per garantire un ambiente di lavoro più sicuro per gli operatori sta spingendo da tempo le imprese del settore delle costruzioni stradali, in collaborazione con i centri di ricerca pubblici e privati, a sviluppare nuove tecnologie e sistemi di applicazione che permettano di far fronte a queste nuove esigenze.

Per dare risposta alle impellenti richieste di rispetto per l'ambiente e di sicurezza sul lavoro, in Spagna, una nuova tecnologia applicata al settore delle pavimentazioni stradali ha dato vita a conglomerati speciali denominati "Semicalienti". In queste miscele particolari, che vengono confezionate a temperature molto inferiori a quelle di produzione dei conglomerati bituminosi classici, il legante è costituito da emulsioni bituminose con caratteristiche particolari che le rendono adatte a questo tipo di applicazioni.

La necessità di trovare soluzioni pratiche al problema fondamentale di riduzione delle temperature operative in fase di produzione e stesa dei conglomerati bituminosi ha portato allo sviluppo di due filoni di ricerca indipendenti, anche se non del tutto scollegati, che hanno dato vita a due sistemi tecnologici differenti.

Il primo si basa sull'uso di "cere" speciali da miscelare ai bitumi, prima del loro utilizzo per il confeziona-

mento di conglomerati. In questo modo si riduce la viscosità del legante che presenta una buona lavorabilità a temperature intorno ai 110÷130 °C invece delle classiche temperature di produzione (150÷160 °C). La riduzione delle temperature di 20÷30 °C permette di abbassare sia la quantità di emissioni in atmosfera che la quantità di combustibile necessario al riscaldamento dei vari componenti delle miscele.

Il secondo sistema si basa sulla produzione di conglomerati bituminosi utilizzando come componenti base aggregati ed emulsioni bituminose. Questo sistema è denominato semicaliente. Le temperature di lavorazione si fissano intorno ai 70÷90 °C (**Fig. 1**) per garantire il riscaldamento degli aggregati; anche in questo caso il risparmio energetico conseguibile non è trascurabile.

Con riferimento alla **Fig. 2** sono rappresentate le due tecnologie storicamente utilizzate per la produzione di conglomerati bituminosi, cioè il sistema a freddo (con emulsione) e quello a caldo (con bitume puro).

Si può affermare che i due nuovi filoni di ricerca sono partiti dai due estremi opposti per cercare di ottenere i medesimi risultati:

- ▶ il sistema delle cere aggiunte al bitume abbassa le temperature di produzione dei conglomerati bituminosi a caldo (realizzati con bitume puro);
- ▶ il sistema Semicaliente innalza le temperature di produzione dei conglomerati a freddo (ottenuti con emulsione).

Focalizzando l'attenzione sui conglomerati bituminosi semicalienti, questi sono fabbricati in impianti normalmente utilizzati per la produzione dei conglomerati a



Fig. 1 Stesa del conglomerato semicaliente e controllo della temperatura

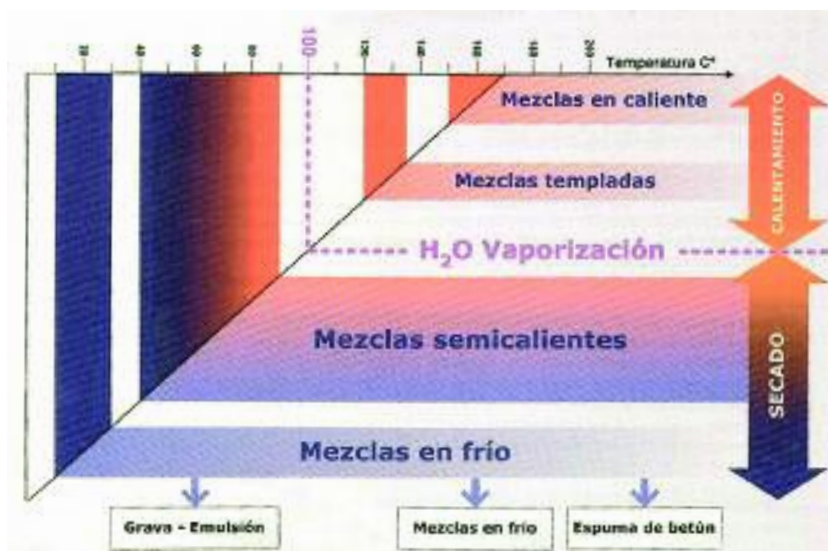


Fig. 2 Miscele bituminose e temperature di produzione

caldo nei quali il legante è costituito da emulsione. La temperatura degli aggregati si mantiene tra i 70 e 90 °C e la temperatura dell'emulsione (riscaldata per abbassare la viscosità della stessa, nel caso in cui sia necessario) è normalmente compresa tra 20 e 70 °C.

Gli inerti utilizzati provengono da cave (pertanto si tratta di inerti vergini) o da fresato (nel caso di riciclaggio) e dovranno rispondere alle stesse caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche previste dalla normativa vigente, a seconda dell'applicazione e delle caratteristiche finali che deve rispettare la pavimentazione. L'emulsione può contenere flussanti (se necessari) e a secondo del tipo di applicazione potrà essere modificata con polimeri. In ogni caso una delle caratteristiche essenziali dell'emulsione è quella di non dover dare problemi di rifluimento in fase di miscelazione con gli inerti caldi. Il conglomerato prodotto può essere lasciato in stoccaggio per almeno 24 ore e le temperature di applicazione delle miscele semicaliente saranno comprese tra 40 e 60 °C. Per la stesa verranno impiegati i mezzi comunemente utilizzati per il conglomerato a caldo.

Le caratteristiche più interessanti di un conglomerato bituminoso semicaliente sono le seguenti:

- ▶ si ottiene un ricoprimento totale degli aggregati con l'emulsione;
- ▶ la coesione iniziale dopo la compattazione è molto alta e non è necessario un periodo di maturazione;

- ▶ sebbene la coesione si raggiunga più rapidamente, si mantengono le caratteristiche di flessibilità e di stoccaggio della miscela tipiche dei conglomerati confezionati con emulsione;
- ▶ il consumo di legante è alquanto basso;
- ▶ sono miscele con una buona lavorabilità;
- ▶ le caratteristiche meccaniche finali sono simili a quelle dei conglomerati a caldo.

Come anticipato, la sperimentazione eseguita con la tecnica semicaliente è stata rivolta prevalentemente a due campi di applicazione particolari quali quello delle miscele drenanti e del riciclaggio del fresato.

Si analizzano di seguito, con maggiori dettagli, questi due diversi tipi di applicazione.

2.1 Conglomerato drenante semicaliente

Il motivo principale per il quale gli sforzi tecnologici si sono concentrati sulla ricerca di un metodo a bassa temperatura per la produzione di conglomerati drenanti (vuoti superiore al 20%) è legato alla necessità di avere uno strumento di manutenzione efficace per la riparazione dei difetti che possono svilupparsi, in questo tipo di pavimentazioni, a causa di molteplici fattori.

Uno dei problemi dell'uso di pavimentazioni drenanti è la riparazione delle buche che si possono formare per le ragioni più svariate. In genere, infatti, si utilizza a questo scopo del conglomerato a caldo chiuso, essendo improponibile (per ragioni economiche e funzionali) la produzione e l'applicazione di piccole quantità di conglomerati drenanti prodotti con bitume modificato a caldo che dovrebbero essere stesi a mano. Del resto, il conglomerato bituminoso chiuso sulla pavimentazione drenante determina dei punti di discontinuità, dove l'acqua non drena, costituendo pertanto zone di estremo pericolo. Per far fronte a questo problema si è cercato di trovare un materiale a granulometria aperta che rimanesse poroso e che raggiungesse coesioni alte in poco tempo ma che allo stesso modo potesse avere tutti i vantaggi, in termini di applicazione, di un conglomerato a freddo. Per questo motivo si è pensato di utilizzare come legante un'emulsione cationica modificata, a velocità di rottura media con le caratteristiche riportate nella **Tab. 1**. »

Tab. 1 Caratteristiche tipiche di un emulsione per drenante semicaliente

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valori	
			min	max
Viscosità SSf, 50 °C	s	NLT-138	20	
Carica delle particelle		NLT-194	positiva	
Contenuto di acqua	%	NLT-137		32
Bitume residuo	%	NLT-139	60	
Fluidificante per distillazione	%	NLT-139		7
Sedimentazione (a 7 gg)	%	NLT-140		5
Trattenuto al setaccio 0,8 mm	%	NLT-142		0,1
Residuo di evaporazione				
Penetrazione (25 °C, 100 g, 5 s)	0,1 mm	NLT-124	80	120
Palla e anello	°C	NLT-125	45	
Recupero elastico 25 °C	%	NLT-329	30	
Duttilità (5 °C, 5 cm/min)	cm	NLT-126	25	

Se si analizzano le caratteristiche più interessanti di questo tipo d'emulsione si può evidenziare che:

- ▶ si limita superiormente il contenuto in acqua al 32%, questo significa che si lavora con emulsioni ad alto percentuale di legante, in alcuni casi al di sopra dell'80%;
- ▶ si limita il quantitativo di flussanti al 7%; troppo flussante causerebbe un allungamento dei tempi di coesione;
- ▶ i valori di recupero elastico torsionale e di duttilità (prove eseguite sul residuo da evaporazione) indicano che è necessario utilizzare leganti modificati.

Per quanto riguarda la definizione dei requisiti degli aggregati da utilizzare, in genere si seguono le normative tecniche ufficiali (nel caso spagnolo definite nel Documento di Prescrizioni Tecniche Generali, PG3) che ne stabiliscono gli *standard* qualitativi in funzione dell'applicazione finale. Pertanto, la componente lapidea della miscela sarà accuratamente selezionata secondo gli *standard* di:

- ▶ qualità (CLA, L.A., E.S., etc.);
- ▶ angolarità;
- ▶ forma;
- ▶ pulizia.

Un fuso granulometrico tipico per questi tipi di conglomerati potrebbe essere il seguente:

Trattenuto % in massa. Setacci UNE-EN 933-2						
20	12,5	8	4	2	0,500	0,063
100	70-100	38-62	13-27	9-20	5-12	3-6

Per il *mix-design* di questo tipo di conglomerato si farà riferimento alle seguenti prove:

- ▶ granulometria;
- ▶ equivalente in sabbia;
- ▶ coefficiente di pulizia;
- ▶ ricoprimento;
- ▶ adesività;
- ▶ densità;
- ▶ scorrimento;
- ▶ perdita Cantabro modificata (a secco e a umido).

Sui campioni prelevati in situ si effettueranno prove di estrazione di bitume e di granulometria con tutti i test relativi.

Come già ricordato i sistemi di produzione e stesa dei conglomerati semicalienti, in termini di impianti e di macchinari, sono uguali a quelli utilizzati per le miscele a caldo. Bisogna solo tenere in conto alcuni accorgimenti particolari legati all'utilizzo dell'emulsione come legante.

Attualmente non esiste nelle norme spagnole una classificazione di questi tipi di conglomerati semicalienti ma l'ATEB (Associazione Tecnica Emulsioni Bituminose) ha proposto di utilizzare la stessa nomenclatura usata per i conglomerati classici a caldo, terminata da un suffisso "sc" (semi-caliente).

Per esempio un conglomerato "poroso" ed "aperto" con dimensione massima degli inerti di 12 mm prodotto a caldo si definirà con la sigla "PA 12"; lo stesso conglomerato prodotto a basse temperature si definirà con la sigla "PA 12 sc".

Sebbene lo scopo iniziale di questa tecnologia si limitava alla manutenzione di pavimentazioni per far fronte ai più tipici problemi delle pavimentazioni flessibili, sono state fatte esperienze di vere e proprie pavimentazioni realizzate completamente con questo sistema. I risultati in questo senso sono stati sorprendentemente buoni, del tutto paragonabili a quelli di un conglomerato a caldo.

2.2 Riciclaggio semicaliente

Il motivo principale per il quale è stata sviluppata la tecnologia del riciclaggio semicaliente è legato alla necessità di

trovare un metodo per l'utilizzo del 100% del materiale fresato in condizioni di temperatura operativa le più vicine possibile alla temperatura ambiente, senza la necessità di aspettare lunghi tempi di maturazione e quindi di apertura al traffico della pavimentazione trattata.

Questo tipo di riciclaggio può essere effettuato tanto in impianti fissi a caldo (continui o discontinui) quanto in impianti mobili su strada, anch'essi dotati di un sistema di riscaldamento del materiale granulare.

Gli impianti fissi danno la possibilità di curare maggiormente la curva granulometrica del materiale dato che si può prevedere la possibilità di vagliare il materiale fresato e quindi ricostruire la curva granulometrica desiderata combinando quantità differenti di ogni pezzatura definita. Questo processo sarà naturalmente meno preciso negli impianti mobili, anche se esistono già dei sistemi abbastanza accurati che permettono di ottenere curve granulometriche con un grado di controllo piuttosto elevato.

Lo scopo principale da raggiungere in questi impianti è quello di ottenere una miscela omogenea di materiale fresato e di emulsione bituminosa rigeneratrice, con l'aiuto di eventuali additivi, da confezionare a temperature inferiori ai 90 °C e da stendere a temperature non inferiori a 60 °C. Queste temperature si raggiungono riscaldando il fresato ma non l'emulsione, che viene utilizzata a temperatura ambiente.

Il conglomerato così ottenuto potrà essere steso direttamente o potrà essere lasciato in stoccaggio (per un tempo in genere non superiore alle 24 ore) per applicarlo successivamente, facendo sempre attenzione alle temperature minime di operazione.

Durante il processo di produzione, a differenza del riciclaggio a freddo di tipo tradizionale, non verrà aggiunta acqua, pertanto anche i metodi di studio delle formulazioni di laboratorio dovranno essere adattati a questo particolare materiale. Un'analisi preventiva del materiale fresato da riciclare dovrà prevedere almeno le seguenti determinazioni:

- ▶ granulometria del fresato;
- ▶ percentuale di legante invecchiato estratto;

- ▶ caratteristiche del legante invecchiato: penetrazione, palla-anello, contenuto di asfaltini, ecc;
 - ▶ granulometria dell'inerte dopo l'estrazione del legante.
- Sulle miscele eseguite in laboratorio si faranno invece prove di:

- ▶ ricoprimento a 90 °C (fresato + varie % di emulsioni);
- ▶ immersione - compressione (per definire il contenuto ottimo di emulsione);
- ▶ densità dei campioni;
- ▶ modulo dinamico.

Tali prove ci permetteranno di definire il tipo di emulsione da utilizzare, così come la necessità di introdurre degli additivi particolari.

In genere le emulsioni utilizzate sono del tipo cationico a rottura lenta, definite secondo le specificazioni spagnole come ECL-2, ECL-2d o ECL-2m.

Nella **Tab. 3** si riportano le caratteristiche tipiche di un'emulsione per riciclaggio a semicaliente.

Se, anche in questo caso, si analizzano le caratteristiche di questo tipo d'emulsione si può evidenziare che:

- ▶ si limita superiormente la viscosità dell'emulsione poiché si ha bisogno di un legante fluido che possa ben avvolgere e bagnare il fresato;
- ▶ le caratteristiche del bitume residuo di distillazione sono tipiche di un bitume soffice. Questa è una scelta tipica un pò di tutte le tecnologie del riciclaggio dei conglomerati, dettata dalla necessità di "bilanciare" le caratteristiche del legante fortemente invecchiato contenuto nel materiale da trattare.

Ricordiamo che le emulsioni da riciclaggio semicaliente possono essere modificate per mezzo di polimeri, sempre che ciò sia stato previsto in fase di *mix-design*. Le curve granulometriche utilizzate in Spagna nel riciclaggio a semicaliente, in genere, rientrano dentro i

Tab. 3 Caratteristiche tipiche di un'emulsione per riciclaggio semicaliente

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valori
Viscosità SSF, 25 °C	s	NLT-138	>50
Carica delle particelle	-	NLT-194	positiva
Contenuto in acqua	%	NLT-137	<40
Bitume residuo	%	NLT-139	>60
Trattenuto	%	NLT-142	<0,1
Residuo per distillazione	-	NLT-139	
Penetrazione	0,1mm	NLT-124	100-200

due fusi normalizzati (O.C. 8/2001 del Ministero dei Lavori Pubblici) da scegliere in funzione dello spessore dello strato da stendere. In questo modo si definiscono i fusi (riportati in **Tab. 4**):

- ▶ RE1 nel caso di spessori superiori a 10 cm;
- ▶ RE2 nel caso di spessori da 6 a 10 cm.

Tab. 4 Fusi normalizzati del Ministero dei Lavori Pubblici spagnolo

Tipo di Riciclaggio	Setacci UNE-EN 933-2 (mm)										
	III	40	25	20	12,5	8	4	2	0,500	0,250	0,063
RE1	100	78-100	69-95	52-82	40-70	25-53	15-40	2-20	0-10	0-3	
RE2	-	100	80-100	62-89	49-77	31-58	19-42	2-20	0-10	0-3	

Il riciclaggio semicaliente trova il suo maggior campo di utilizzo negli stessi ambiti dove oggi viene utilizzato il riciclaggio a freddo, cioè per:

- ▶ riabilitazione parziale o totale di pavimentazioni a fine vita utile;
- ▶ strati di base di nuova costruzione;
- ▶ strati di fondazione di nuova costruzione;
- ▶ strati di base di rinforzo;
- ▶ strati anti propagazione di fessure;
- ▶ riprofilamenti;
- ▶ allargamenti;
- ▶ riparazioni.

Gli impianti fissi per la produzione dei conglomerati da riciclaggio semicaliente sono gli stessi utilizzati per la produzione di conglomerati a caldo (continui o discontinui) nei quali, se non fosse presente, si deve prevedere una modifica che permetta l'introduzione del fresato all'interno del tamburo di riscaldamento (o riscaldamento e mescolazione) ad una distanza dalla fiamma tale da permettere l'innalzamento delle temperature fino a valori prossimi a 90 °C, onde evitare un eccessivo riscaldamento.

Gli impianti mobili da utilizzare per la produzione e la stesa dei conglomerati riciclati a semicaliente devono essere dotati di un sistema di riscaldamento del materiale lapideo e pertanto sono un pò più complessi rispetto a quelli utilizzati per il riciclaggio a freddo. L'applicazione di questo tipo di materiale si può considerare *standard*, essendo gli stessi i mezzi meccanici che si utilizzano per la stesa dei conglomerati tradi-

zionali. Unica attenzione deve essere dedicata alla compattazione che deve essere scrupolosamente eseguita con mezzi pesanti (rullo vibrante metallico >15 ton e rullo gommato >35).

Il lavoro sarà ultimato dall'applicazione di uno strato superiore di protezione della pavimentazione riciclata che la impermeabilizzerà e che assumerà la funzione dello strato d'usura.

I trattamenti "a semicaliente" con emulsione sono oggi considerati l'alternativa più efficace ai conglomerati a freddo: migliorano soprattutto i tempi di maturazione e le *performances*, senza perdere la flessibilità e la versatilità. Lo stato della tecnologia è attualmente abbastanza avanzato essendo stati realizzati diversi tratti sperimentali già diversi anni fa ed essendo stati eseguiti dei veri e propri lavori, tanto di riciclaggio come di nuove pavimentazioni.

In relazione alle proprie caratteristiche intrinseche, le tecnologie di produzione dei conglomerati a semicaliente rientrano nel gruppo di sistemi ecologici e di bassa produzione di CO₂.

Questo è uno dei pregi fondamentali che dovrà essere preso in considerazione durante il regolare svolgimento della propria attività tanto dagli operatori privati del settore delle costruzioni stradali, quanto dagli Amministratori pubblici, al fine di apportare il proprio contributo per l'allineamento ai principi del trattato di Kyoto.

Bibliografia

- ▶ Jorge Ortiz Ripoll e Cristina Moncunill Farrè - *Reduccion de Emisiones en la producion de Mezclas Bituminosas en Caliente*. Jornadas Tecnica de ASEFMA 2006.
- ▶ Juan Jose Potti - *Inovaciones en la tecnologia en frio*. Jornadas Tecnica de ATEB.
- ▶ Ramon Tomaz Raz - *Receclado con Espuma Betun*.
- ▶ Jose A. Soto y M^a del Mar Colas - *Mezclas Semicalientes con Emulsion*. ■