

SITEBSi srl

Rassegna del bitume

RIVISTA DEL SITEB-ASSOCIAZIONE ITALIANA BITUME ASFALTO STRADE

ESTRATTO DAL N° **43/03**

Il riciclaggio della gomma nei manti stradali

Tyre rubber recycling in road asphalt

Carlo Giavarini

Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Ingegneria Chimica

Il riciclaggio della gomma nei manti stradali

Tyre rubber recycling in road asphalt

CARLO GIAVARINI

Università di Roma "La Sapienza"

Riassunto

L'articolo sintetizza la relazione presentata al Convegno Assogomma del 28 ottobre 2002 (Milano, Palazzo Giureconsulti).

Dopo un cenno ai consumi nazionali di bitume e asfalto, la relazione illustra sinteticamente le principali possibilità di uso della gomma proveniente da pneumatici usurati, nel bitume (processo wet) e nel conglomerato asphaltico (processo dry).

Vengono evidenziati vantaggi e problemi di entrambe le utilizzazioni, citando altresì i risultati delle esperienze (soprattutto americane e sudafricane) nel settore.

Una analisi conclusiva cerca di spiegare perché fino ad ora l'impiego della gomma di recupero nell'asfalto non ha trovato diffusione in Italia.

Altri articoli sullo stesso soggetto sono stati pubblicati sulla Rassegna del Bitume n. 31/99, 32/99, 35/00, 39/01 e 40/02.

Summary

The paper was presented at the Asso gomma Technical Conferente in Milan (October, 28 2002). After quoting the national bitumen and asphalt production data, the paper summarizes the possible uses of fine and crumb rubber mixed with bitumen (wet process) and road asphalt (dry process), respectively, emphasizing advantages and drawbacks of both applications. Previous experiences in Italy, USA and South Africa are also critically described.

A final analysis tries to explain why the use of reclaim

ed rubber in bitumen and asphalt mix has not found the estimated diffusion in Italy.

Other papers on the same subject were published in Rassegna del Bitume no. 31/99, 32/99, 35/00, 39/01 e 40/02.

1. Alcune definizioni

Per i non addetti ai lavori, occorre ricordare che il bitume è il materiale legante impiegato per produrre i conglomerati stradali e vari altri prodotti: membrane per impermeabilizzazione, emulsioni, "schiume" di bitume, vernici, ecc.

È un prodotto estremamente complesso e "delicato", sia dal punto di vista strutturale che chimico: una vera e propria *chemical soup*.

L'asfalto (o conglomerato bituminoso) è la miscela del bitume (4-6 %) con inerti di granulometria assortita, impiegato per i manti stradali, le piste aeroportuali e per altri usi.

Negli ultimi anni si è diffusa la pratica di modificare il bitume stradale con polimeri (3-6 %), soprattutto con gomme termoplastiche sintetiche. Ciò per ottenere le elevate prestazioni delle pavimentazioni ad alto modulo e per produrre i ben noti manti drenanti e fonoassorbenti.

In Italia si producono annualmente circa due milioni di t di bitume stradale e 0,5 t di bitume industriale (per membrane), nonché circa 40 milioni di t di asfalto stradale. Dopo la Germania, il nostro Paese è il secondo produttore di asfalto, insieme alla Francia. Circa il 7% del bitume stradale è modificato con polimeri.

Tab. 1 - Un po' di storia

1843	Brevetto UK per la modifica del bitume con gomma naturale
1844	Brevetto UK per la miscela bitume-gomma per uso stradale
1925	Goodyear sviluppa un processo per l'uso di gomma naturale in blocchi nelle pavimentazioni
1936	Gli olandesi pavimentano una strada con bitume-gomma: i tedeschi la usano estesamente durante la guerra; la strada era ancora in funzione nel 1950. (RITENUTA LA PRIMA APPLICAZIONE DI PROCESSO WET)
1950	Il Dipartimento dei Trasporti del Massachusetts usa discrete quantità di gomma "in pezzi" in sostituzione degli aggregati. (RITENUTA LA PRIMA APPLICAZIONE DI PROCESSO DRY)
1950 - 1960	Compaiono sul mercato USA prodotti a base di polverino e di gomma in pezzi (<i>flaked</i>) per la dispersione nel bitume e l'impiego nell'asfalto.
1970 - 1985	Alcuni brevetti dimostrano l'applicabilità della gomma di recupero da pneumatici per la modifica di bitume e asfalto. I progettisti cominciano ad usare questi prodotti sia nelle miscele "chiuse" che "aperte". Si sviluppa l'uso di SAM e SAMI.
1975	G. Lind brevetta il processo PLUS RIDE (simile al processo usato nel 1950 in Massachusetts), tuttora il più noto e applicato.
1981	Il Gruppo BEUGNET introduce i primi leganti FLEXCHAPE (<i>WET</i>), poi ulteriormente sviluppati.
1984	Anche V. S. Rubber Reclaiming sviluppa un processo con polverino fine.
1988 - 89	Il Dip. Trasporti della Florida sviluppa il processo ROUSE e applica processi <i>wet</i> e <i>dry</i> .
1989	Importante Convegno a Kansas City organizzato da <i>Asphalt Rubber Producers Group</i> e FHWA
1990	Sviluppo di ARMI (<i>Asphalt rubber membrane interlayer</i>) in Florida con polverino ultrafine. L' <i>Asphalt Institute</i> effettua prove con esito positivo.
1991	L' <i>International Surface Transportation Efficiency Act</i> richiede l'uso della gomma <i>crumb</i> nei progetti stradali finanziati da FHWA. La legge viene abrogata nel 1995 (opposizione decisa di NAPA) in quanto non tiene conto di studi sistematici nel settore.
1993	Accurata sperimentazione di applicazione <i>DRY</i> fatta in collaborazione da Università di Clemson (USA), South Carolina Dept of Highways & Public Transportation e U.S. Department of Transportation (FHWA). Risultati non incoraggianti: costo triplo, problemi di fumi, problemi di confezionamento.
1980 - 2000	Estese applicazioni in Sudafrica del processo <i>wet</i> e preparazione di apposite specifiche (SABITA)
1995 - 2000	In Europa si sviluppano ricerche e prodotti in varie nazioni, ad es. in Francia (COLAS) e in Spagna (CIESM). Convegno sul tema in Portogallo. Studi anche in Italia, sebbene non coordinati. Studio delle FS.
2002	Congresso ETRA a Bruxelles con presentazioni specifiche.

2. Impiego della gomma dei pneumatici nei manti stradali

Escludendo l'eventuale impiego grossolano per i rilevati stradali, i principali usi della gomma proveniente dai pneumatici usurati (sotto forma di *crumb* o di polverino) riguardano la preparazione di strati superficiali o interposti del tipo SAM o SAMI (Fig. 1 e 2), di sigillanti, di miscele col bitume, di conglomerati. L'idea di impiegare la gomma nell'asfalto è vecchia di almeno 150 anni; quella di usare la gomma dei pneumatici risale ad oltre 50 anni fa (Tab. 1).

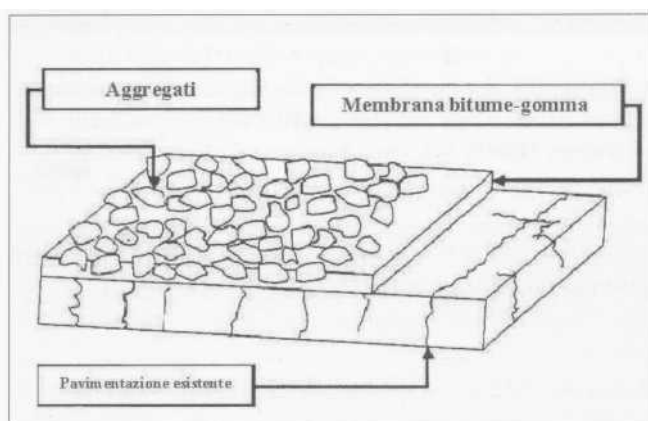


Fig. 1 - Strato superficiale SAM

Di seguito prenderemo in considerazione le ultime due applicazioni (miscela diretta col bitume e impiego come "inerte" nei conglomerati), che sono quelle più tipicamente "stradali" e suscettibili di sviluppo.

Tab. 2 - Le esperienze fatte in Sud Africa

Scheda tecnica	
Tipo di gomma	deve contenere $\geq 30\%$ gomma naturale
Granulometria gomma:	100% passante al setaccio 1,18 mm 50-70% passante al setaccio 0,6 mm
Gomma aggiunta	20% (18-24%)
Extender	olio altamente aromatico ($\geq 55\%$) in ragione del 4%
Filler attivo	calce, cemento (ca. 2%)
Temperatura	180-210 °C
Tempo di "reazione":	1-4 ore
Rammollimento (R&B):	55-65 °C

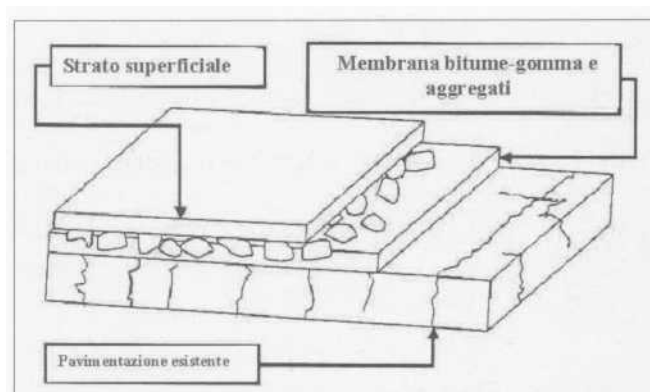


Fig. 2 - Strato intermedio SAMI

2.1 In miscela diretta col bitume stradale (wet process)

La gomma dei pneumatici, sotto forma di polverino fine (meglio la gradazione ultrafine) può essere dispersa nel bitume ad alta temperatura, con eventuale uso di additivi come catalizzatori o *extenders*.

Questo processo, applicato per la prima volta nel 1936, viene definito a umido o *wet*. Esiste una lunga esperienza nel settore: se il prodotto è ben fatto, risponde alle esigenze specifiche americane *SHRP-Superpave*. Vengono migliorate l'adesione e le caratteristiche elastiche del conglomerato, nonché la resistenza alla temperatura; sono ridotti l'ormaiamento, il rumore e le vibrazioni. Migliora anche la resistenza all'invecchiamento, causa la presenza di agenti anti invecchiamento nella gomma.

La stabilità e le caratteristiche del prodotto finale, che può contenere fino al 15-20% circa in peso di polverino, dipendono dal tipo di bitume e, ovviamente, dalla granulometria della gomma e dal processo di preparazione.

Le esperienze più documentate e positive sono probabilmente quelle fatte in Sud Africa (29 progetti) a partire dagli anni '80 (Tab. 2). Il bitume modificato con gomma è stato soprattutto impiegato per risarcire le fessure (*cracking*) dei manti stradali e per applicare nuovi strati di usura superficiali. Estesamente applicata anche la tecnologia SAMI. L'Associazione nazionale SABITA ha predisposto un dettagliato capitolato per i leganti contenenti gomma e per i conglò-

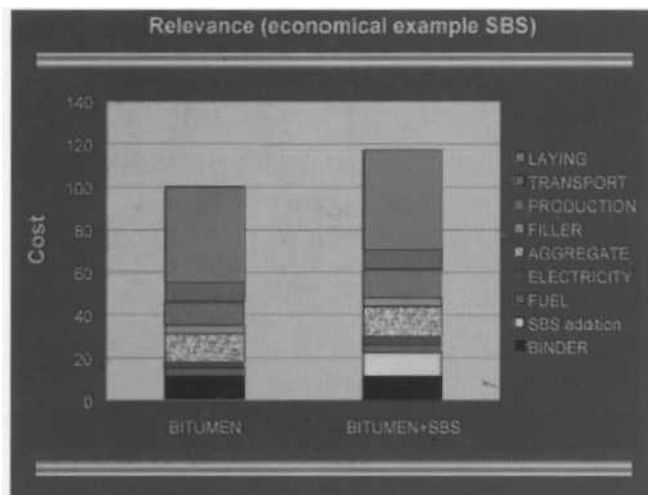


Fig. 3 - Ripartizione tra polimeri elastomerici e plastomeri per la preparazione di bitumi modificati (fonte: IISRP, Int. Inst. Synthetic Rubber Producers).

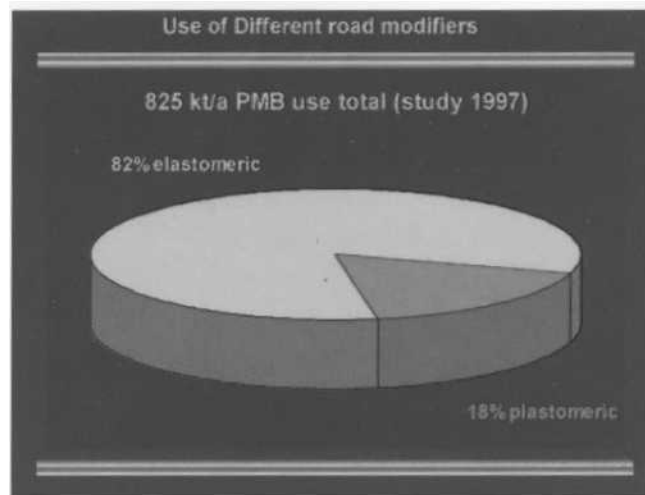


Fig. 4 - Differenza dei costi del conglomerato posto in opera, senza e con bitume modificato con polimero SBS (fonte: IISRP, Int. Inst. Synthetic Rubber Producers)

merati. I risultati sono giudicati molto positivi. I maggiori costi sarebbero compensati dalla maggiore durata. La Tab. 2 riporta una scheda tecnica relativa alle applicazioni sudafricane, che però fanno uso di un *extender* altamente aromatico.

Il problema maggiore è forse che, per questa applicazione, il polverino di gomma compete con i polimeri (soprattutto con SBS) che conferiscono proprietà finali probabilmente migliori e il cui uso è consolidato (Fig. 3). Una idea dell'incidenza dell'uso del polimero sul costo del conglomerato in opera è data nella Fig. 4; occorre tener presente

che questo tipo di stima è solo orientativo, in quanto varia da paese a paese ed è molto soggetto alle fluttuazioni temporali- del costo delle materie prime.

Sono inoltre da controllare e definire gli aspetti relativi a ambiente, salute e sicurezza, sia nella stessa che nel successivo riciclaggio del manto stradale contenente bitume modificato con polverino di gomma; ciò particolarmente quando vengono usati come *extenders oli* altamente aromatici. La Tab. 3 presenta problemi e vantaggi delle modifiche *wet*.

Tab. 3 - Problemi e vantaggi della modifica *wet* (aggiunta diretta della gomma al bitume)

Problemi	
	Possibile eterogeneità della miscela finale ed eventuale segregazione
	Dipendenza dalla qualità del bitume
	Costo del polverino
	Aspetti relativi a salute e ambiente (da definire)
	Compete con il bitume modificato con polimeri, già affermato
Vantaggi	
	Lunga esperienza nel settore, soprattutto all'estero
	Se ben fatta può rispondere alle specifiche SHRP-SUPERPAVE
	Migliori caratteristiche elastiche del conglomerato finale
	Miglior resistenza alle alte (soprattutto) e basse temperature
	Riduzione dell'ormaiamento e della fessurazione
	Riduzione di rumore e vibrazioni
	Miglior coesione del conglomerato
	Miglior resistenza all'invecchiamento

2.2 In sostituzione parziale degli inerti (*dry process*)

La gomma può essere riciclata nel conglomerato bituminoso come inerte in sostituzione parziale delle componenti più fini, normalmente fino a un diametro massimo di circa un centimetro.

Si usa quindi anche la tipologia in granuli, più economica del polverino fine. La prima applicazione nota risale al 1950. Oggi esistono vari processi, soprattutto negli USA; il più noto e applicato è probabilmente il *Plus Ride* che ha messo a punto procedure di confezionamento molto dettagliate. Esso usa circa sei copertoni per tonnellata di conglomerato, ovvero 8.500 copertoni per chilometro di corsia.

Considerando che si può sostituire fino a circa il 5%

degli inerti (anche se è consigliabile limitarsi al 3%), la capacità di smaltimento di questo sistema è molto superiore rispetto a quella del processo *wet*.

Oltre ad alcuni problemi tecnici durante la produzione e i dubbi sulla validità delle prestazioni finali, il problema più importante è rappresentato dal costo del conglomerato finale, decisamente più elevato; ad esso non fa in genere riscontro un deciso e provato vantaggio tecnico. Si deve infatti ricordare che il costo degli inerti tradizionali è relativamente molto basso. Inoltre, la quantità di legante da impiegare è superiore (mediamente del 2% e cioè 7 - 8% anziché 5%) ed è consigliabile usare un legante modificato. La Tab. 4 riassume problemi e vantaggi della modifica *dry*.

I risultati di varie applicazioni in almeno 20 Stati USA e in Canada, sono controversi (Tab. 5).

Tab. 4 - Problemi e vantaggi della modifica *dry* (aggiunta della gomma al conglomerato)

Problemi "tecnici"	Possibili minori resistenze (Marshall) e aumento dello scorrimento
	"Sgranabilità" del conglomerato e ormaiamento per aggiunte elevate
	Sistemi per il riscaldamento e l'aggiunta della gomma in impianto
	Assorbimento parziale del bitume sulla gomma
Altri Problemi	
	Costo elevato della gomma rispetto agli inerti che sostituisce
	Occorre più legante, possibilmente modificato
	Aspetti relativi a salute e ambiente (da definire)
	Risultati discordi nelle varie sperimentazioni
	Poca esperienza a livello nazionale
	Eventuale problema del riciclaggio del conglomerato (da definire)
Vantaggi	
	Ricicla quantità apprezzabili di gomma
	Riduce vibrazioni e rumore
	Minor rigidità della pavimentazione
	Forse maggior durabilità

Tab. 5 - Esempi di esperienze americane e relativo esito (processo *dry*)

Alaska	sostanz. positivo (miglior resistenza al ghiaccio)
California	sostanz. positivo (miglior resistenza all'abrasione)
Minnesota	nessun miglioramento (costi più elevati del 50%)
Maryland	nessun miglioramento (costi più elevati del 50%)
Texas	nessun miglioramento (costi più elevati del 50%)
FHWA	qualche problema (<i>swelling, stripping, rutting</i>)

Sembra comunque innegabile che l'aggiunta della gomma riduca il rumore e le vibrazioni, conferendo anche minor rigidità alla pavimentazione.

Nel 1991 l'*Intermodal Surface Transportation Efficiency Act* richiedeva, negli USA, l'uso della gomma nei manti stradali finanziati da FHWA (*Federal Highway Administration*). A fronte della fortissima resistenza delle associazioni di categoria (soprattutto NAPA) la legge fu abrogata nel 1995 in quanto non teneva conto di studi sistematici nel settore.

In Italia esistono alcuni studi e prove fatti da Università e Imprese, in modo però non coordinato e con scopi diversi, così che non permettono di arrivare a conclusioni certe.

Interessante la sperimentazione delle Ferrovie dello Stato, inizialmente in collaborazione col SITEB e poi con l'Università di Roma "La Sapienza", per l'impiego della gomma di recupero nel *sub-ballast* ferroviario. Il *sub-ballast* è una stesa (ca. 12 cm di spessore) di conglomerato bituminoso sotto la massicciata ferroviaria.

3. Conclusioni

La aggiunta diretta della gomma al bitume (processo *wet*) è più consolidata, anche se porta a minori quan-

tità di riciclato. Scegliendo il giusto processo di produzione, si possono ottenere buoni risultati in termini di prestazioni e durabilità.

Per questa applicazione però la gomma è in competizione con i modificanti polimerici, il cui uso è consolidato anche in Italia. Si deve dimostrare che il rapporto costi/benefici è almeno uguale a quello del PMB (*Polymer Modified Bitumen*) o/e che si possono ottenere particolari prestazioni, per esempio relativamente al rumore e alle vibrazioni (Tab. 6).

La modifica *dry* può funzionare se si usano bitumi modificati (al limite anche modificati con gomma, cosa però da verificare). Devono essere definiti anche in Italia protocolli chiari per i produttori di conglomerato e per gli applicatori.

Anche in questo caso si deve dimostrare che il rapporto costi/benefici è almeno uguale a quello del conglomerato tradizionale e che non si creano problemi ambientali e di salute, sia durante la produzione e stesa sia, soprattutto, durante il riciclaggio del manto stradale (Tab. 7). Per svincolarsi parzialmente dal problema dei costi, si dovranno trovare ed enfatizzare applicazioni in cui la gomma conferisce caratteristiche non altrimenti ottenibili.

Tab. 6 - Suggerimenti per l'applicazione della modifica *wet*

Usare polverino molto fine (< 80 <i>mesh</i> , con media di 200 <i>mesh</i>)
Scegliere il bitume adatto
Adottare il giusto sistema di miscelazione
Dimostrare che il rapporto costi/benefici è almeno uguale a quello del PMB
Accertare che non esistono problemi ambientali (nella confezione e nel riciclaggio)

Tab. 7 - Suggerimenti per l'applicazione della modifica *dry*

Definire protocolli chiari per i produttori di conglomerato e per gli applicatori (sulla base delle esperienze precedenti e di prove "conclusive" e coordinate)
Definire le eventuali modifiche ai cicli di produzione del conglomerato
Usare come legante bitume modificato con polimeri (o eventualmente con gomma)
Aggiungere la quantità in ragione inferiore al 5%
Accertare che non esistano problemi per il futuro riciclaggio del manto stradale
Definire il problema della consegna sulla base del peso/volume
Dimostrare che il rapporto costi/benefici è almeno uguale a quello del conglomerato tradizionale
Oppure
Dimostrare che l'uso della gomma è specifico e determinante per migliorare certe caratteristiche (es. fonoassorbente e/o vibrazioni)