

ASPHALT RUBBER: BITUME MODIFICATO CON POLVERINO DI GOMMA DI PNEUMATICO RICICLATA

Ines ANTUNES⁽¹⁾ – Felice GIULIANI⁽¹⁾ – Jorge B. SOUSA⁽²⁾ – George WAY⁽²⁾

*(1) Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura
Università degli Studi di Parma - ITALY*

(2) Consulpav S.A., Consultores e Projectistas de Pavimentos - PORTUGAL

INTRODUZIONE

Se è vero che l'utilizzo di materiali riciclati nell'ultimo ventennio è stato promosso ed attuato con enfasi sempre maggiore, le iniziative future richiedono un ulteriore progresso nella cooperazione multidisciplinare tra governi e industria, ingegneri dei trasporti e specialisti dell'ambiente. In effetti il settore del trasporto è caratterizzato dagli enormi volumi di materiali movimentati che costituiscono potenziale materia prima per nuove realizzazioni (aggregati riciclati, produzioni di nuovi leganti a base bituminosa). Dall'esperienza statunitense [1] emerge la necessità della costituzione di partnerships tra società che operano nel settore ambientale e aziende di trasporti che consentano di aumentare l'utilizzo dei materiali riciclati in una forma economicamente conveniente.

Nel campo dei bitumi per uso stradale la produzione di leganti di prestazioni superiori avviene attraverso la modifica del bitume con l'aggiunta di polimeri plastomeri, ad esempio del tipo EVA (ethylene-vinyl-acetate) o, più diffusamente, di elastomeri SBS (styrene-butadiene-styrene) o SBR (styrene-butadiene-rubber). Tuttavia sempre più frequentemente negli Stati Uniti ed in numerosi Paesi Europei, il bitume modificato con polverino di gomma di pneumatico riciclata, noto come *Asphalt Rubber* viene utilizzato quale valida alternativa per il confezionamento di conglomerati bituminosi di ottima durabilità e resistenti a severe condizioni di carico [2]. L'uso dell'Asphalt Rubber non solo costituisce una concreta applicazione per il riutilizzo dei pneumatici usati ma risulta di estremo interesse anche come soluzione strettamente tecnica. L'uso di Asphalt Rubber ha consentito di registrare significative attenuazioni del rumore da rotolamento del traffico veicolare, con una riduzione fino a 9 dB del livello sonoro in ambiti urbani di circolazione [3].

Sinteticamente si identificano due processi di riutilizzo del polverino di pneumatico nei conglomerati bituminosi, denominati processi "wet" e "dry". Il processo utilizzato prevalentemente è quello "wet", che consiste nella azione di modifica del bitume nelle fasi che precedono il confezionamento in centrale dei conglomerati. Risulta dunque un processo di riciclaggio che entra direttamente nella formulazione del legante. Comparato con il processo wet, quello "dry" è meno diffuso dal momento che allo stato attuale prevede un maggiore aggravio di costi, implicando l'uso di aggregati specificamente gradati per permettere fisicamente l'incorporazione del polverino di gomma. Presenta difficoltà di miscelazione ed una bassa riproducibilità, ma allo stesso tempo permette di utilizzare una maggior quantità di polverino, con i conseguenti vantaggi ambientali, tenuto conto che ogni anno vengono stoccate circa 500 mila tonnellate di pneumatici usati.

In un momento in cui anche in Italia ci si avvicina all'utilizzo di questo materiale, già ampiamente collaudato da esperienze pluridecennali oltreoceano, si è ritenuto

opportuno illustrare in questo articolo una sintesi delle caratteristiche, proprietà e opportunità offerte dall'utilizzo del polverino nei conglomerati bituminosi.

ASPHALT RUBBER: CENNI STORICI

L'utilizzo del bitume modificato col polverino di gomma di pneumatico riciclata ha avuto inizio negli Stati Uniti, più di quarant'anni fa, dalla necessità di trovare un rimedio efficace per contrastare la propagazione delle fessure nelle pavimentazioni stradali flessibili, per lo più generate da gradienti di temperatura particolarmente elevati, che danno origine a tipici fenomeni di stress termico. Proprio la necessità di trovare un prodotto che consentisse di limitare l'insorgere e la propagazione della fessurazione ha condotto, alla fine degli anni '60, all'idea/brevetto dell'asphalt rubber in Arizona ad opera di Charles McDonald. Più tardi, gli incoraggianti risultati hanno consentito di estendere l'ambito di utilizzo anche nel campo dei trattamenti superficiali e, successivamente, dei conglomerati bituminosi. I risultati delle applicazioni pratiche ottenuti nel tempo hanno consentito di perfezionare le tecniche di produzione e le prestazioni dell'*asphalt rubber*, portando nell'ultimo decennio alla definizione di una specifica norma che definisce e identifica tale materiale (ASTM D-6114).

Il termine *asphalt rubber* è stato finora liberamente utilizzato: per alcuni rappresenta un tipo specifico di bitumi, per altri può definire un elenco più ricco di materiali. "Asphalt rubber" è di fatto un tipo specifico di bitumi, che utilizza un tipo e una granulometrica specifica di gomma, e che viene prodotto direttamente in opera, in stretta prossimità del cantiere stradale, tramite apparecchiature specializzate.

La promozione del processo wet passa da una serie di riscontri sperimentali sulla influenza della quantità di polverino di gomma impiegato e del processo di reazione con il bitume. Tratti pilota in Florida [4] hanno dimostrato che il processo *wet* esibisce prestazioni superiori rispetto ad una pavimentazione realizzata con bitume tradizionale e, inoltre, le prestazioni migliorano, ossia, diminuiscono la fessurazione e la manutenzione stradale, con l'aumento della quantità di gomma fino al 16% in peso nei conglomerati chiusi (Figura 1). Dunque non tutti i processi di modifica del bitume con polverino di gomma producono risultati equivalenti.

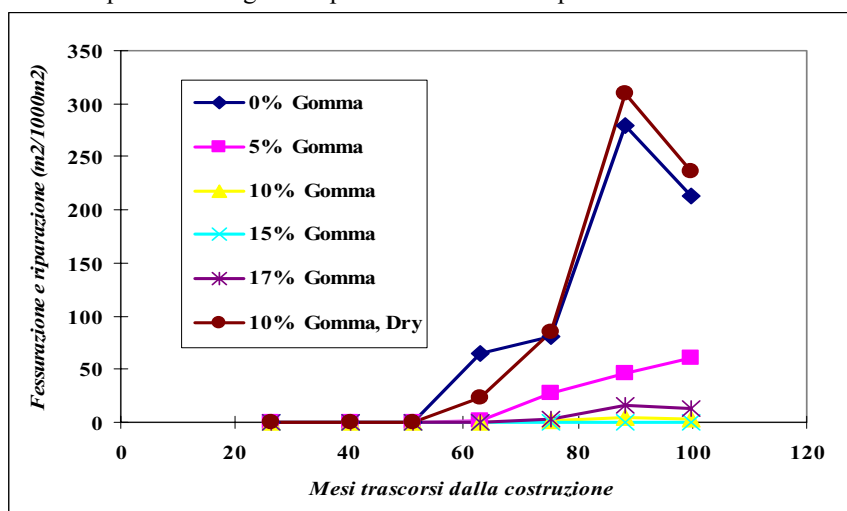


Figura 1 – Fessurazione dei manti stradali al variare della percentuale di polverino.

È, quindi, importante precisare che il termine *asphalt rubber* si riferisce al processo *wet* con l'aggiunta di 15-22% di polverino di gomma, d'accordo con quanto specificato dalla citata norma ASTM D-6114. Così come riferito, questo bitume esiste da quarant'anni e inizialmente soggetto al brevetto del suo inventore. Dal 1992 non è più brevettato, il che ha portato alla sua rapida diffusione nel resto del mondo, ed in particolare in paesi europei quali Portogallo, Spagna, Germania e Austria.

PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE DELLA MISCELA BITUME/POLVERINO

Dal punto di vista chimico-fisico, il polverino di pneumatico miscelato con un bitume naturale di base è in grado di assorbire e fissare la frazione maltenica propria dei costituenti volatili aromatici del bitume. Proprio la fissazione dei malteni permette di ottenere un significativo aumento della resistenza all'invecchiamento delle miscele bituminose, dal momento che questo costituente del bitume in genere è destinato a perdersi nel tempo per fenomeni di ossidazione e per l'azione dei raggi UV [5]. L'introduzione del polverino di gomma nel bitume ad alte temperature (185°C) provoca una reazione fisico-chimica dalla quale si forma un sistema di tre componenti: bitume, "gel" e gomma. Tale "gel" consiste nella reazione chimica della gomma con i malteni ed è responsabile dell'elevata viscosità del prodotto finale. La viscosità e funzione del tempo di reazione (Figura 2) e del tipo e quantità del polverino di gomma. L'esperienza dimostra che la viscosità minima è ottenuta dopo i primi 15 minuti e che l'evoluzione nel tempo (maturazione) è molto stabile, eliminando i problemi di stoccaggio dell'*asphalt rubber*. Si sottolinea che non tutti i bitumi base utilizzati hanno, con lo stesso tipo di gomma, la stessa evoluzione della viscosità nel tempo. I bitumi con maggior percentuale di malteni tendono a reagire più rapidamente con il polverino e gli studi condotti finora permettono di attribuire tempi di reazione per ciascun tipo di bitume base utilizzato. Secondo i parametri di classificazione del bitume per uso stradale, il bitume modificato con polverino, ovviamente fatta salva la percentuale di gomma impiegata, è caratterizzato da bassi valori di penetrazione a 25°C (circa 20 dmm) e da alti valori del punto di rammollimento (circa 80°C).

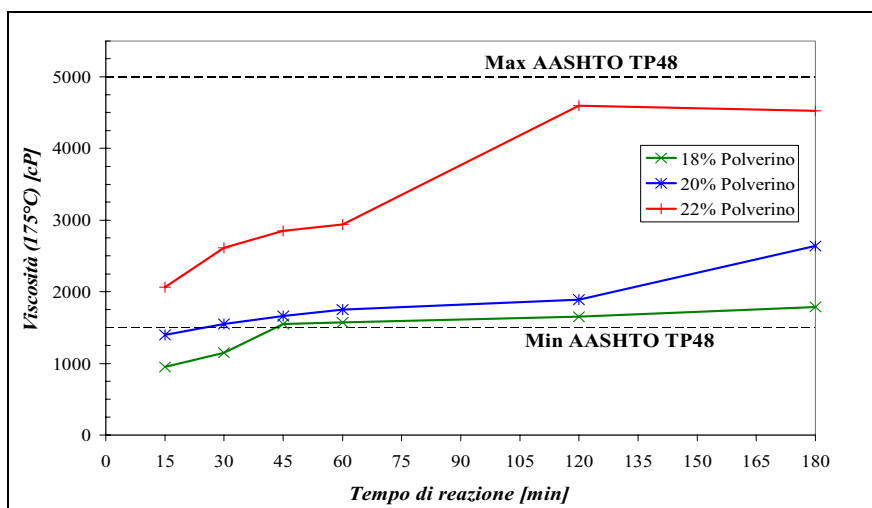


Figura 2 – Relazione fra viscosità e tempo di reazione dell'*asphalt rubber* [5].

CONGLOMERATI BITUMINOSI CON ASPHALT RUBBER

L'asphalt rubber viene utilizzato indistintamente nei conglomerati bituminosi di tipo chiuso e di tipo aperto, quest'ultimo destinato a pavimentazioni drenanti-fonoassorbenti. Le prove adesione prevalentemente condotte nei Paesi della penisola iberica con il *Cantabro Test* (NLT 362), evidenziano una ottima resistenza all'azione dell'acqua (<15%) che consentono l'estensione dell'asphalt rubber a conglomerati particolarmente porosi e sollecitati in corrispondenza del contatto legante/aggregato.

Le elevate percentuali di gomma inglobata nel processo wet ha permesso di ottenere conglomerati bituminosi drenanti particolarmente resistenti all'ormaiamento, con valori di velocità di deformazione di $12 \cdot 10^{-3}$ mm/min nelle aree di temperature più elevate e per le classi di traffico più severo (T100) secondo la recente normativa spagnola (PG-3 OC5/2001).

I moduli di deformabilità (AASHTO TP 48-94) a 20°C e 10Hz, risultano pari a circa 4000 MPa e 2000 MPa, rispettivamente per conglomerati chiusi ed aperti con il 9% di gomma inglobata.



Figura 3 – Soluzione Asphalt Rubber nella IH35 San Antonio (Texas). Corsia drenante e corsia tradizionale (A); particolare della superficie finita (B).

QUALITÀ DELL'ARIA E RAPPORTO COSTI/BENEFICI

Le pavimentazioni eseguite con bitume modificato con polverino di gomma di pneumatico riciclata riutilizzano migliaia di pneumatici fuori uso, altrimenti destinati alla combustione o alla discarica. Nota la pericolosità dei fumi risultanti dai processi di combustione dei pneumatici fuori uso può erroneamente ritenersi che il processo di riciclaggio nel conglomerato bituminoso possa rappresentare un pericolo di altrettanta gravità. In realtà non è così, dal momento che il processo di produzione del bitume modificato con polverino non produce fumo, perché non vengono raggiunte le temperature di combustione della gomma, ma solo quelle di fusione. Inoltre, le particelle di gomma prodotte non sono sufficientemente piccole da rendersi volatili. Dal 1992, in Arizona si eseguono studi di routine per analizzare la qualità dell'aria durante la costruzione dei conglomerati [6], e in ogni occasione sono stati riscontrati identici valori per conglomerati *asphalt rubber* e convenzionali, anche nel caso del riciclaggio delle stesse pavimentazioni asphalt rubber.

Studi relativi al costo e beneficio nell'uso del bitume modificato con polverino [7], concordano che in un'analisi del ciclo di vita di questo materiale, i benefici superano i costi iniziali, in genere più elevato rispetto alle attuali tradizionali applicazioni

(Figura 4). Il risparmio è comunque funzione del mercato locale, dello stato della tecnologia disponibile e delle soluzioni strutturali adottate.

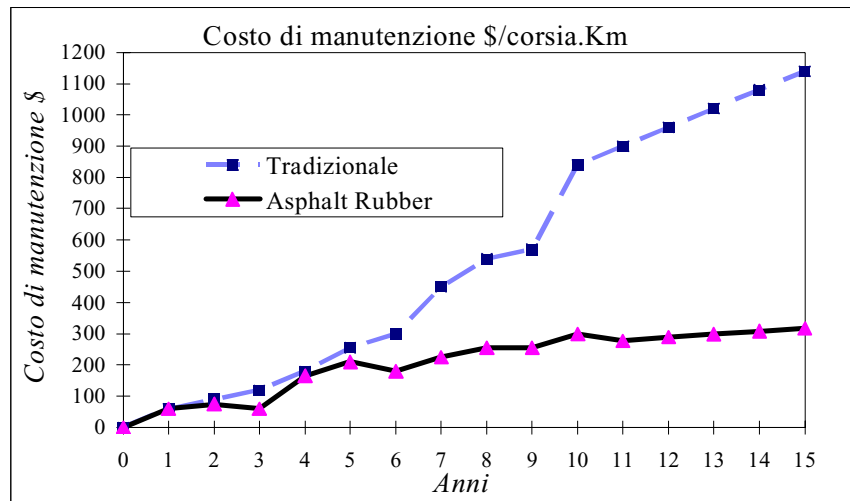


Figura 4 – Costo di manutenzione in dollari per corsia/chilometro [7].

CONCLUSIONI

Gli oltre 300 km di rete stradale realizzati in Portogallo, Spagna, Germania e Austria con *asphalt rubber* confermano le potenzialità di utilizzo del polverino di gomma di pneumatico riciclato. Nei paesi con più esperienza nell'utilizzo dell'*asphalt rubber* tramite processo *wet*, quali USA (in Arizona più di 2800 Km), Sud Africa e Australia, molte di queste pavimentazioni sono in servizio da più di 20 anni.

L'utilizzo di elevate percentuali di bitumi *asphalt rubber*, nell'ordine del 9%, e di alte concentrazioni del polverino di gomma, nell'ordine del 20%, permettono di ottenere conglomerati bituminosi con eccellenti proprietà meccaniche, come elevata resistenza alla propagazione di fessure, elevata resistenza alla fatica e, parallelamente, elevata resistenza alle deformazioni permanenti, elevata stabilità alle azioni di invecchiamento prodotte dai raggi UV ed un contributo fonoassorbente non trascurabile.

Dal punto di vista ambientale, l'utilizzo di conglomerati bituminosi *asphalt rubber* permette la riutilizzazione, in media, di 4000 pneumatici per chilometro, in una strada larga 12 metri e con uno spessore di conglomerato di 5 cm.

In conclusione, non si tratta soltanto di integrare un materiale riciclato nelle costruzioni stradali, bensì di migliorare sostanzialmente le prestazioni di un bitume con l'aggiunta della gomma, anche nei confronti di altri tipi di soluzioni tradizionali.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Holtz K. (2000), "Partnership For Sustainability - A New Approach To Highway Materials", 2000 Houston, Texas
- [2] Anderson J., Pampulim V., Saim R. e Sousa J.B. (2000), "Asphalt Rubber laboratory properties related to type and process technology of Crumb Rubber". Proceedings of the Asphalt Rubber 2000 Conference, Vilamoura, Portugal.

- [3] Ballié M. e Roffé J. (2003), "*Low-noise asphalt-concrete for wearing course using CRM from used tyres*", Proceedings of the Asphalt Rubber 2003 Conference, Brasília.
- [4] Van Kirk, Jack.L. (1999), "*Review of the use of crumb rubber in pavement maintenance and rehabilitation strategies*," Basic Resources Inc., Presented at a Meeting of the Rubber Division, American Chemical Society, Orlando, Florida, September 1999, USA.
- [5] Antunes I., Giuliani F., Sousa J.B. (2004), "*Caracterização reológica de betumes modificados crm sujeitos a envelhecimento artificial*" Estrada 2004, 3º Congresso Rodoviário Português, "Gestao do sistema rodoviario", CRP - Centro Rodoviário Português, Lisboa, Portugal, 24-26 November 2004.
- [6] Gunkel Kathryn O'C, (1994), "*Evaluation of exhaust gas emissions and worker exposure from asphalt-rubber binders*", Michigan Department of Transportation 1994.
- [7] Way G. (2004), "*OGFC Meets CRM Where the rubber meets the rubber 15 years durable success*", ADOT, 2003.