

Materiali innovativi nelle costruzioni stradali:

Pavimentazioni stradali fotocatalitiche

Prof. Maurizio Crispino

Ing. Claudio Brovelli

Politecnico di Milano

DIAR Sez. Infrastrutture Viarie

Ing. Gianluca Guerrini

Italcementi spa

Ing. Loretta Venturini

Impresa Bacchi srl

1. Introduzione

Lo sviluppo di tecnologie volte all'impiego di fotocatalizzatori quali il biossido di titanio nel campo delle pavimentazioni stradali ha subito un notevole incremento negli ultimi anni grazie agli studi condotti dalle Università e da alcuni partner industriali. Il biossido di titanio (TiO_2) nella sua forma di anatasio nano cristallina è tutt'oggi il fotocatalizzatore maggiormente utilizzato nelle più importanti applicazioni stradali sia a livello di ricerca sia su scala reale. Grazie alla sua versatilità, stabilità e alla sua intrinseca capacità di trasformare sostanze quali gli ossidi di azoto (NO_x) in sostanze inerti (Nitrati), il biossido di titanio è estremamente efficace per contrastare l'inquinamento atmosferico prodotto dal traffico in ambito urbano.

2. Le pavimentazioni fotocatalitiche

La possibilità di trattare con un fotocatalizzatore gran parte delle aree pavimentate consente di avere vaste superfici potenzialmente disponibili al trattamento per l'abbattimento degli inquinanti atmosferici [1].

La ricerca sul comportamento del biossido di titanio (TiO_2) quale fotocatalizzatore nelle pavimentazioni stradali ha consentito negli anni di sviluppare numerose soluzioni eco-sostenibili in grado di offrire al contempo le prestazioni meccanico-funzionali richieste da una pavimentazione stradale e le capacità fotocatalitiche di abbattimento degli inquinanti (ossidi di azoto: NO_x) [1].

2.1. Obiettivi e strumenti della ricerca

Uno dei principali obiettivi della ricerca consiste nell'analisi di prodotti con proprietà fotocatalitiche in grado di mantenere un'elevata e duratura efficacia

disinquinante [2] ad un costo sostenibile e che non comportino un'alterazione nella struttura della pavimentazione stessa [3]. In tal senso, le ricerche condotte nelle Università, anche in collaborazione con i partner industriali del settore, hanno permesso di soddisfare le richieste del mercato legate all'impiego di prodotti fotocatalitici in ambito stradale (in termini di costi e affidabilità) mediante rigorose sperimentazioni condotte sia in laboratorio che in situ [4-5]. In ambito internazionale, l'Italia e in particolare il gruppo di ricerca di Infrastrutture Viarie del Politecnico di Milano, insieme ad alcuni partner industriali, è considerato leader in questo settore. Le ricerche che ad oggi sono state condotte presso il Politecnico di Milano sono state sviluppate con la seguente impostazione [6]. A partire dall'analisi della composizione chimica del prodotto (a base di biossido di titanio) le prime fasi prevedono sperimentazioni in laboratorio inerenti l'efficacia fotocatalitica in condizioni controllate unitamente ad indagini legate a fenomeni quali: ritiro, consumo, rifluimento, etc. in relazione alle prestazioni funzionali definite. A seguire vengono realizzate una o più applicazioni su campi prova (o tratti stradali reali) volte alla validazione dei risultati di laboratorio e al monitoraggio del comportamento delle pavimentazioni sotto traffico. Il rigore e la severità dei metodi che contraddistinguono i lavori svolti presso il Politecnico di Milano, unitamente a procedure di prova coerenti con le principali fonti normative europee e mondiali, hanno sempre conferito ai risultati ottenuti un'elevata valenza tecnico-scientifica riconosciuta anche in ambito internazionale. Ad oggi le ricerche

condotte dal Politecnico di Milano hanno evidenziato ragguardevoli risultati in termini di abbattimento di sostanze inquinanti nonché una elevata resistenza al degrado [2-7]. Le numerose pubblicazioni scientifiche prodotte negli anni ed ormai molto diffuse in campo internazionale sono la prova che quanto ottenuto ad oggi dalla ricerca è di notevole interesse per la comunità scientifica e fa ben sperare per lo sviluppo futuro delle tecnologie fotocatalitiche. La Sezione Infrastrutture Viarie del Politecnico di Milano si avvale di una lunga esperienza nella certificazione delle proprietà dei prodotti fotocatalitici e possiede all'interno degli spazi del proprio laboratorio una strumentazione in grado di misurare e quantificare l'abbattimento degli inquinanti (Figura 1) (NO , NO_2 , NO_x).



Figura 1: Strumentazione di laboratorio per la misura dell'abbattimento di inquinanti

Calibrazione e messa a punto della strumentazione e determinazione delle condizioni di prova sono stati solo alcuni degli obiettivi che in passato il Politecnico di Milano si è posto prima di avviare le sperimentazioni sui materiali fotocatalitici [8]. La stazionarietà delle condizioni di prova in laboratorio ha permesso di osservare l'influenza di ciascun parametro (intensità luminosa, umidità, flusso, temperatura, etc.) sui processi di fotocatalisi definendo i limiti di accettabilità nella valutazione dei risultati [8]. Inoltre nel tentativo di standardizzare le condizioni di prova sono stati redatti alcuni protocolli di prova in collaborazione con enti pubblici (es. con il comune di Milano). Unitamente alle proprietà fotocatalitiche, le attività di ricerca svolte all'interno

del Laboratorio Sperimentale della Sezione Infrastrutture Viarie comprendono anche applicabilità e durabilità di tali materiali sotto l'azione del traffico veicolare e il monitoraggio dei numerosi campi prova su pavimentazioni fotocatalitiche [4]. La collaborazione con i partner industriali inoltre, ha consentito alla ricerca di attenersi ai tempi del mercato e di produrre risultati sfruttabili [9-4].

3. Le tecnologie

In ambito stradale le pavimentazioni fotocatalitiche sviluppate negli ultimi anni possono essere raggruppate in: pavimentazioni fotocatalitiche in bitume-cemento e pavimentazioni bituminose spruzzate con prodotti fotocatalitici.

3.1. Pavimentazioni fotocatalitiche in bitume-cemento

Le prime sono state sviluppate in collaborazione con Italcementi Group con l'intento di impiegare una matrice cementizia quale supporto durevole per il fotocatalizzatore (TiO_2) [3]. Esse sono generalmente composte da uno strato di usura open-grade in conglomerato bituminoso intasato da una boiaccia cementizia con proprietà fotocatalitiche [10]. Tali boiacche sono soluzioni di acqua, cemento in grado di percolare all'interno dei vuoti dello strato drenante senza essere soggette a fenomeni quali segregazione o refluitamento. Il contenuto di acqua è mantenuto basso grazie all'aggiunta di additivi in grado di massimizzare la fluidità della boiaccia all'atto dell'intasamento tuttavia la matrice cementizia impone un periodo minimo di maturazione (24 - 48h) alla pavimentazione per acquisire le performance meccaniche minime tali da sopportare i carichi di traffico [11-3]. Il biossido di titanio si trova in sospensione nella matrice cementizia, ma durante la fase di miscelazione tende a distribuirsi sulla superficie della pavimentazione grazie al minor peso molecolare rispetto al cemento. Al termine della maturazione, la pavimentazione in bitume-cemento appare con una gradazione di colore grigio chiaro che induce una riflessione maggiore della luce solare (Figura 2).



Figura 2: campo prove su una pavimentazione fotocatalitica in bitume-cemento, 2011

Ciò consente di ridurre notevolmente l'assorbimento dei raggi ultravioletti da parte della pavimentazione (incrementando di conseguenza "l'effetto Albedo") rispetto a una tradizionale pavimentazione "nera" in conglomerato bituminoso. La presenza del biossido di titanio consente inoltre di ridurre ulteriormente gli effetti dei raggi ultravioletti, poiché questi sono parte delle reazioni di fotocatalisi e sono assorbiti dal fotocatalizzatore per indurre i processi di ossidazione [3]. Ciò rende le pavimentazioni in bitume-cemento estremamente vantaggiose sia in termini di abbattimento degli inquinanti in aria sia per la riduzione dei fenomeni di surriscaldamento dei centri urbani o UHI (Urban Heat Island). Le capacità fotocatalitiche di tali pavimentazioni sono strettamente legate alla tipologia di boiaccia impiegata [10] poiché le quantità di materiale steso, la tipologia di biossido e le prestazioni del sistema boiaccia-biossido di titanio sono estremamente variabili. Recenti applicazioni in ambito urbano condotte in collaborazione tra Politecnico di Milano e partner industriali stanno dimostrando che le pavimentazioni in bitume-cemento sono notevolmente performanti sia in termini di durabilità rispetto a fenomeni di fatica e ormaiamento sia di efficacia fotocatalitica (registrando abbattimenti fino al 40% rispetto alle concentrazioni iniziali di inquinante [7-1]). Inoltre, la durabilità e la rigidità della matrice cementizia incrementano notevolmente la durabilità della pavimentazione ritardando fenomeni quali: usura superficiale, distacco degli aggregati, resistenza all'attacco di

sostanze chimiche e invecchiamento del legante bituminoso.

3.2. Pavimentazioni fotocatalitiche spruzzate

Le pavimentazioni fotocatalitiche spruzzate a differenza di quelle in bitume-cemento non richiedono alcuna modifica alla struttura della pavimentazione riducendone di conseguenza i costi. Tale tecnologia, sviluppata in collaborazione con l'Impresa Bacchi di Milano è particolarmente versatile poiché l'applicazione del prodotto fotocatalitico può avvenire direttamente su pavimentazioni stradali esistenti o appena stese. In tal senso docenti del Politecnico di Milano e partner industriali hanno collaborato con l'obiettivo di mettere a punto un'emulsione con proprietà fotocatalitiche che possedesse proprietà adesive e di durabilità tali da sopportare l'usura del traffico e l'azione degli agenti atmosferici pur mantenendo l'efficacia fotocatalitica [2].

Il trattamento per spruzzatura è compatibile con la maggioranza delle superfici ad uso sia stradale che pedonale e può avvenire immediatamente a seguito della stesa dello strato di usura (spruzzatura a caldo) o su pavimentazioni già stese al termine di un'adeguata pulitura (spruzzatura a freddo). Questa tipologia di trattamento consente inoltre di mantenere inalterate le caratteristiche superficiali dello strato in conglomerato bituminoso, sia esso uno strato chiuso che uno strato con funzioni drenanti. Per mezzo di una sospensione acquosa o un'emulsione, il fotocatalizzatore è applicato direttamente sulla superficie della pavimentazione mediante spruzzatura attraverso apposite barre spruzzatrici poste su autocisterne. Generalmente la soluzione (o emulsione) fotocatalitica evapora in breve tempo lasciando sulla superficie un mix composto dal fotocatalizzatore ed una sostanza avente funzione di legante, in grado di far aderire il biossido di titanio alla pavimentazione mantenendolo nel contempo disgiunto dalla superficie bituminosa. Inoltre, la colorazione grigio-scuro di tali pavimentazioni non risulta essere in contrasto con la segnaletica orizzontale e pertanto non comporta alcun calo di sicurezza per l'utente che la percorre. Alcune recenti applicazioni in aree fortemente trafficate hanno

dimostrato che tali pavimentazioni possono essere impiegate con successo anche in aree urbane quali parcheggi multipiano, aree di sosta, gallerie e tunnel urbani (Figura 3).



Figura 3: Applicazione di una pavimentazione fotocatalitica spruzzata, 2011.

Inoltre, l'impiego degli spruzzati grazie alla rapidità di stesa e asciugatura (da una ad alcune ore secondo il periodo) ha consentito di ridurre al minimo i disturbi alla circolazione. Uno studio condotto dal Politecnico di Milano ha dimostrato come il film superficiale di biossido di titanio che copre la pavimentazione in seguito alla spruzzatura abbia una durabilità (in termini di efficacia fotocatalitica) pari o superiore alla vita media di un tradizionale strato di usura (3-5 anni) garantendo quindi l'affidabilità del prodotto [2].

L'abbattimento delle concentrazioni di inquinanti (NO_x) ottenibile da pavimentazioni fotocatalitiche spruzzate è in funzione al prodotto impiegato. Tuttavia sono stati registrati valori pari a quelli ottenuti dalle pavimentazioni in bitume-cemento (valori intorno al 40%). Ad oggi, dal punto di vista dell'efficacia fotocatalitica infatti è stata riscontrata alcuna grande differenza tra le due tecnologie.

4. Conclusioni

Le pavimentazioni fotocatalitiche consentono di ridurre la quantità di sostanze inquinanti presenti in atmosfera prodotte dagli autoveicoli (SOV , SO_x , NO_x) sfruttando le superfici tradizionalmente adibite al solo transito degli autoveicoli. L'obiettivo dell'impiego di tali tipologie di pavimentazioni rientra nell'ottica più generale di realizzare nei grossi centri urbani un ambiente in grado di sostenere e convertire alcune

delle sostanze nocive prodotte dal traffico veicolare. In tal senso pavimentazioni, coperture e superfici fotocatalitiche sono gli strumenti che ad oggi la ricerca offre per intensificare il contrasto all'inquinamento. Le pavimentazioni, nello specifico, dovendo agire a contatto con il transito veicolare e gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria si trovano a dover operare in un ambiente molto svantaggioso. Tuttavia l'impegno continuo e la collaborazione tra università e partner industriali ha prodotto già enormi passi in avanti. Attualmente, un filone di ricerca sta proseguendo congiuntamente con esperti di inquinamento dell'aria della Sezione Ambientale del Politecnico di Milano per poter creare sinergie di competenze ed approfondire maggiormente le conoscenze sulle potenzialità di queste tecnologie.

Bibliografia

- [1] Crispino M., Lambrugo S., "Surface characteristics and environmental performances of a photocatalytic innovative pavement", International Conference Road Safety and Simulation RSS2007, Roma, Italy, 7-8-9 Novembre 2007.
- [2] M. Crispino, S. Vismara, C. Brovelli, Evaluation of long term environmental and functional performances of innovative photocatalytic road pavements, Transportation Research Board, 90th Annual Meeting, Washington D.C., Gennaio 2011.
- [3] Crispino M., Lambrugo S.. Effectiveness of a photocatalytic wearing course through experimental analysis. International ISAP Symposium on Asphalt Pavements and Environment, ISAP 2008, Zurich, Switzerland, 18 - 20 Agosto, 2008.
- [4] Crispino M., Lambrugo S., Venturini L., "A real scale analysis of surface characteristics of a photocatalytic pavement", 4th International SIIV Congress, Palermo, Italy, 12-14 Settembre 2007.
- [5] Toraldo E., Lambrugo S., "The optimization of photocatalytic mortars for road pavements", 4th

International Conference Bituminous Mixtures and Pavements, Thessaloniki, Greece, Aprile 2007.

- [6] Guerrini G.L., Crispino M., Vismara S., "Innovative photocatalytic cementitious road materials", 11th International Symposium on Concrete Roads", Seville, Spain - 13-15 Ottobre 2010.
- [7] Crispino M., Lambrugo S., Bacchi M.. Photocatalytic road pavements: an analysis of structural and functional performances. 4th International Gulf Conference on Roads, Qatar, 2008.
- [8] Crispino M., Lambrugo S.. Performance Evaluation of different photocatalytic road pavements, II International conference environmentally friendly roads, ENVIROAD 2009, Warsaw, Poland, 15-16 Ottobre, 2009.
- [9] Guerrini G.L., "Photocatalytic paving block surfaces. Some observations regarding in-service performance", BFT 05/2009, PP. 16-25.
- [10] Guerrini G.L., Peccati E., "Photocatalytic cementitious roads for de-pollution", RILEM Int. Symposium on Photocatalysis 'Environment and Construction Materials', (Florence/Italy, 8-9 October 2007), TDP 2007, (Florence/Italy, 8-9 October 2007) Rilem Proc. PRO55 (eds. P. Baglioni and L Cassar), pp. 179 -186.
- [11] Crispino M., Lambrugo S., "An experimental characterization of a photocatalytic mortar for road bituminous pavement", International Rilem Symposium on Photocatalysis, Firenze, Italy, 8-9 Ottobre 2007.