

# Combining epoxy and polycarbamide technologies for high performance industrial flooring systems

■ Rob Rasing, Air Products and Chemicals, Inc. - The Netherlands  
Jared D. Bender, Air Products and Chemicals, Inc. - Usa

For decades, polymer technology has provided the civil engineering sector with high performance flooring systems. Waterborne epoxy primers are well-described for delivering excellent adhesion to concrete substrates and for providing unique water vapour permeable flooring solutions. Solvent-free epoxy floorings, on the other hand, promote both increased mechanical and chemical protection to concrete substrates, allowing for enhanced durability. In the topcoat and sealer applications, 2-pack polyurethanes have built a reputation, in particular where satin finishes in combination with durability against UV light and high wear resistance are desired.

Novel flooring technologies are presented in this paper that address industry performance short-falls and demand for fast return, with reduced environmental impact. The use of high performance, rapid return epoxy primers in conjunction with aliphatic polyamine-cured isocyanate topcoats delivered to the end-user a novel combination of performance properties. Individual features such as clean air (or emission compliance) are considered 'must-have' without trade-offs on performance. Additional benefits are found when combining polymer technologies to a 'system approach' in which each technology component delivers added value to architect,

applicator and end-user. A combination of broad formulation latitude; fast property development at both ambient and low temperatures; and high mechanical and chemical integrity are demonstrated, which result in polymer floorings with excellent properties well suited for use in civil engineering, protective coating and structural adhesive applications.

## INTRODUCTION

Architects, specifiers and end-users today can select from a broad range of technologies and finishes to cover and protect the concrete substrate.

Ceramic tiles, cementitious-based finishes, polymer technology or even polished concrete are only a few of the possibilities used in the industry. Each technology or finish brings specific benefits and introduces trade-offs in other areas. Polymer technology is an accumulation of different thermoset chemistry technologies, including amine-cured epoxy, urethane, methacrylate and acrylic. The preferred choice depends on the type of application and the required end-performance properties. High performance industrial flooring installation using polymer technology requires two, preferably three, stages as shown in Figure 1.



R. Rasing



# Combinare le tecnologie delle resine epossidiche e delle polycarbammidi in sistemi destinati a pavimentazioni industriali ad alta prestazione

■ Rob Rasing, Air Products and Chemicals, Inc. - The Netherlands  
Jared D. Bender, Air Products and Chemicals, Inc. - Usa

Da decenni ormai la tecnologia dei polimeri offre al settore dell'ingegneria civile sistemi per pavimentazioni industriali ad alta prestazione. I primer epossidici a base acquosa sono stati descritti come prodotti che forniscono un'eccellente adesione su substrati di calcestruzzo oltre a rappresentare soluzioni per pavimenti permeabili al vapore acqueo. I pavimenti a base di sistemi epossidici esenti da solventi aumentano la resistenza meccanica e chimica del calcestruzzo, a vantaggio di una superiore durabilità. In applicazioni di finitura e di sigillatura, si sono affermati i sistemi poliuretani bicomponenti, in particolare quando sono richieste finiture ad effetto satinato, durabilità contro i raggi ultravioletti e resistenza all'usura. In questo articolo vengono presentate

nuove tecnologie dedicate alle pavimentazioni, in grado di offrire soluzioni ai gap correntemente esistenti, di rispondere alla domanda di avere sistemi rapidi e di coniugare l'esigenza del basso impatto ambientale. L'utilizzo dei primer epossidici ad alta prestazione e ad alta efficacia insieme a finiture a base di isocianati alifatici reticolati con poliamine ha fornito all'utilizzatore finale una nuova combinazione di buone proprietà prestazionali. Singole caratteristiche quali la salvaguardia dell'aria pulita (ovvero basse emissioni) sono considerate essenziali senza dover accettare compromessi in quanto a prestazioni. Vantaggi aggiuntivi si ottengono combinando le tecnologie dei polimeri con il "concetto del sistema" in cui ciascun

componente dà valore aggiunto al ruolo e al lavoro degli architetti, degli applicatori e utilizzatori. Si dimostrano inoltre sinergie ad ampio spettro nel campo delle formulazioni, uno sviluppo veloce delle proprietà sia a temperatura ambiente che a basse temperature, integrità meccanica e chimica, grazie a cui si possono realizzare pavimentazioni resinose (a base di polimeri) dotate di eccellenti proprietà adatte all'uso in applicazioni in ingegneria civile, in rivestimenti protettivi e in adesivi strutturali.

## INTRODUZIONE

Allo stato attuale, architetti, addetti alla creazione di capitolati e utilizzatori finali possono attingere da un'ampia serie

di tecnologie e finiture per rivestire e proteggere il substrato in calcestruzzo. Piastrelle, finiture a base cementizia, resine a base polimeri, ma anche il calcestruzzo levigato, sono solo alcune delle possibilità a disposizione dell'industria. Ogni tecnologia o finitura apporta vantaggi specifici creando compromessi in altre aree. La tecnologia dei polimeri rappresenta la somma delle varie tecnologie della chimica delle resine termoindurenti, comprendenti le resine epossidiche a reticolazione amminica, le resine uretaniche, le resine metacriliche e le resine acriliche. La scelta principale dipende dalla tipologia di applicazione e dalle proprietà prestazionali richieste. La posa di pavimentazioni industriali ad alta prestazione, basata sulla tecnologia polimeri richiede due, preferibilmente



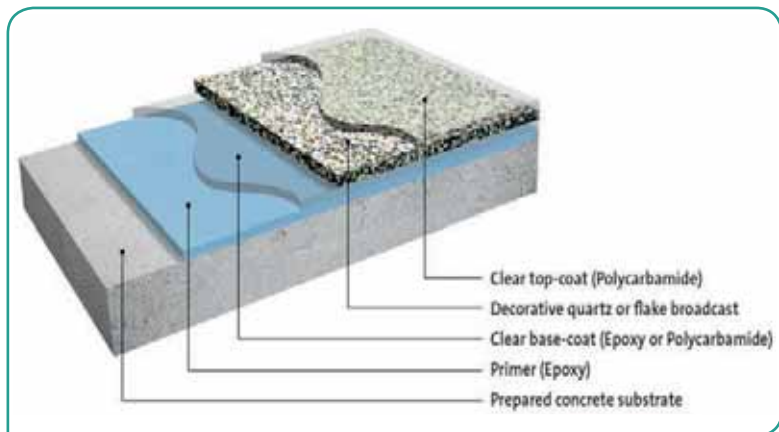


Fig. 1  
Representative example of a high performance flooring system  
Esempio di un sistema per pavimentazioni di alta prestazione

The concrete primer is the starting point and serves to penetrate and seal the concrete pores. It establishes good adhesion and bonding between the concrete substrate and polymer overlayment, and reduces the adsorption of overlayment liquids into the concrete. Though concrete as a construction material is considered inert during most of its service life, as a substrate it is never static. The behaviour of the concrete is characterized by many factors. See for example the datasheet 'Moisture

in concrete'<sup>[1]</sup> and references therein. Moisture in cured concrete substrates is typically low (ca. 2 to 5%), however, the corresponding relative humidity inside concrete is high. It typically ranges from 75% to 95%. In addition, applicators have to consider the dew point to avoid moisture condensations during or shortly after the application of the floor. Amine-cured epoxy primers have proven to tolerate the challenges introduced by concrete as a substrate. When properly mixed and applied, they provide good adhesion at ambient and

tre fasi, come dimostrato in fig. 1. Il primer per calcestruzzo è il punto di partenza e serve a penetrare e a sigillare i pori del calcestruzzo. Esso promuove l'adesione e il legame fra il substrato in calcestruzzo e la stratificazione polimerica in modo soddisfacente, riducendo l'assorbimento dei liquidi interposti nel calcestruzzo. Sebbene il calcestruzzo come materiale da costruzione sia considerato inerte per buona parte della sua vita utile, in qualità di substrato non è mai statico. Il comportamento del calcestruzzo è caratterizzato da molti fattori, si consideri per esempio la scheda tecnica "L'umidità nel calcestruzzo"<sup>[1]</sup> e i riferimenti relativi. L'umidità nei substrati reticolati è tipicamente ridotta (ca. dal 2 al 5%), tuttavia, l'umidità relativa corrispondente all'interno del calcestruzzo è elevata. Essa varia nella fattispecie dal 75 al 95%. Inoltre, gli applicatori devono considerare il punto di rugiada al fine di evitare la condensazione dell'acqua durante o subito dopo l'applicazione del pavimento. I primer epossidici a reticolazione amminica hanno dimostrato di saper far fronte alle varie condizioni di

calcestruzzo come substrato. Quando opportunamente mescolati e applicati, essi garantiscono un'adesione soddisfacente a temperatura ambiente e anche a basse temperature in un ampio range di umidità relative.

Dopo il primer si ha il successivo strato di applicazione, basato su due tecnologie: a) resina epossidica a reticolazione amminica e (b) resina poliuretanica bi componente (isocianato reticolato con poliolo). Entrambe le tecnologie possiedono le loro specificità offrendo vantaggi all'applicatore e all'utilizzatore finale. Le resine epossidiche a base acquosa hanno dimostrato di essere un prodotto di notevole efficacia in aggiunta alla serie di prodotti esenti da solvente<sup>[2,3]</sup>. Una terza tecnologia interessante per pavimentazioni e finiture, discussa in questo articolo, è quella degli isocianati a reticolazione poliamicinica, noti con la denominazione di polycarbammidi. Una polycarbammide si forma quando due ammine si legano mediante un gruppo carbonile (fig. 2). Ogni tecnologia offre vantaggi e caratteristiche tecniche uniche in termini di trattamento, costi, latitudine di

low temperature conditions, at a wide range of relative humidities.

Next to the primer is the polymer overlayment, which is dominated by two types of technologies: (a) amine-cured epoxy and (b) polyol-cured isocyanate (polyurethane; PU). Both technologies have their individual set of features and benefits to applicator and end-user. In case of the epoxy technology, waterborne has proven to be a valuable addition to the product range next to solvent-free.<sup>[2,3]</sup> A promising third technology for flooring and topcoats discussed in this paper is polyamine-cured isocyanate, which is referred to as polycarbamide. A polycarbamide functional group results when two amines are linked together via a carbonyl group (Figure 2). Each technology offers unique features

and benefits in terms of handling, cost, formulation latitude, property development, emission compliance and mechanical and chemical integrity. The features and benefits to formulator, applicator and end-user are diverse and increasingly difficult to comprehend. The reduction of emissions from industrial flooring to establish clean indoor air<sup>[4,5,6,7]</sup> remains attractive and more often critical. Handling, cure speed and performance during service life play an important role. Technologies evaluated in prior publications<sup>[8,9,10]</sup> showed improved performance and emission compliance, however, offered limited UV durability. The primary objective of this paper is to review polymer technologies and demonstrate the synergy when applying a 'system approach'. From primer to mid-coat

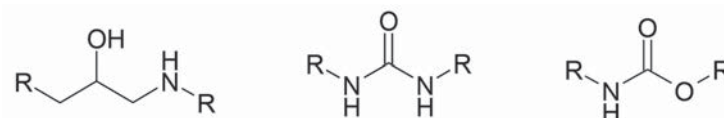


Fig. 2  
Key moieties within polymeric cross-linked systems: Amine-cured epoxy (left); polycarbamide (centre); and polyurethane (right)  
Gruppi fondamentali presenti nei sistemi polimerici reticolati; epossidiche a reticolazione amminica (a sinistra); polycarbammidi (centro) e poliuretaniche (destra)

formulazione, sviluppo delle proprietà, riduzione delle emissioni e integrità chimica e meccanica.

Le caratteristiche e i vantaggi per il formulatore, applicatore e utilizzatore finale sono svariati e non sempre facilmente comprensibili. La pavimentazione industriale, con ridotte emissioni e quindi idonee a garantire il mantenimento dell'aria pulita<sup>[4,5,6,7]</sup> rimane un'opzione interessante e spesso critica. Il trattamento, la velocità di processo di reticolazione e la prestazione durante la vita utile giocano un ruolo altrettanto importante; le tecnologie valutate in altre pubblicazioni precedenti a questa<sup>[8,9,10]</sup> hanno illustrato la presenza di prestazioni migliori e la riduzione delle emissioni, ma anche la scarsa resistenza agli UV. L'obiettivo primario perseguito in questo articolo è passare in rassegna le tecnologie dei polimeri dimostrandone la sinergia mediante l'applicazione del "concetto di sistema". Dal primer allo strato intermedio, dall'autolivellante alla finitura, ogni fase dà valore aggiunto alla

pavimentazioni finale. Il risultato finale dell'approccio al concetto di sistema è una pavimentazione industriale che offre la massima prestazione possibile e massima durabilità pur rispettando i requisiti ambientali.

## MATERIALI, ATTREZZATURE E PROCEDURE DI TEST

Gli indurenti a base di ammine utilizzati in questo studio e le loro proprietà sono riportati schematicamente in tab. 1. WB-1 è un indurente a base acquosa, addotto amminico da base di Mannich, messo a punto specificatamente per applicazioni di primer per calcestruzzo. Esso è stato sviluppato per resine epossidiche liquide standard modificate, senza l'aggiunta di emulsionanti. WB-2 è un indurente a base acquosa, addotto amminico, basato su un'avanzata tecnologia, e messo a punto per utilizzo con resine epossidiche liquide. Esso è stato sviluppato in particolare per rivestimenti per calcestruzzo con

or self-levelling floor to topcoat, each stage delivers added value to the final flooring system. The end-result of the system approach is an industrial floor with best in class performance and long service life while also meeting environmental requirements.

## MATERIALS, EQUIPMENT AND TEST PROCEDURES

The formulated amine curing agents used in this study and their properties are summarized in Table 1. WB-1 is a waterborne amine curing agent based on a polymeric - Mannich base adduct specifically developed for concrete primer applications. It is designed for use with standard and modified liquid epoxy resins without the addition of emulsifiers. WB-2 is a waterborne amine curing agent based on advanced adduct technology, developed for use with standard liquid epoxy resin. It is specifically designed for cost-effective high film build concrete coatings and is particularly suitable for water-based

thick build self levelling systems. TRT-1 is a modified polyamine curing agent intended for use as a curing agent for diluted liquid epoxy resin at ambient and low temperature application. TRT-1 is plasticiser-free and free of alkylsubstituted phenols, facilitating in low volatile organic component coating and flooring formulations and allows the use in emission compliant systems. IC-1 and IC-2 are amine curing agents specifically designed for polyisocyanate resin, preferably HDI trimer isocyanate resins. IC-1 is designed to provide long working pot-

life and high flexibility whereas IC-2 allows fast cure speed down to 0 °C. Both IC-1 and IC-2 are free of solvents, alkyl phenol derivatives and benzyl alcohol. They are fully compatible with similar usage levels and can be combined in the formulation to modify reactivity. Similar to TRT-1, they may be targeted for use in emission compliant flooring systems. Cyclo-C is a representative example of a modified cycloaliphatic amine curing agent and contains benzyl alcohol. Cyclo-C has a compressive yield strength of 53 MPa and a modulus of 1.4 GPa [11].

Epoxy casting and flooring systems were prepared by mixing formulated amines WB-1, WB-2 or TRT-1 with bisphenol A/F epoxy resin diluted with a glycidyl ether of C<sub>12-14</sub> alcohol [12]. IC-1 and IC-2 have been evaluated with HDI Trimer isocyanates, 21.8 wt% NCO and viscosity 2,500 mPa.s (25°C). Start formulations for self levelling floor systems and equipment test procedures are available on request [13]. Unless otherwise specified, floor specimens were applied and cured at either 23 °C and 60% RH or 10 °C and 50% RH.

		WB-1	WB-2	TRT-1	IC-1	IC-2
		Anquamine® 287	Anquamine® 735	Ancamine® 2739	Amicure® IC-321	Amicure® IC-221
Colour Colore	Gardner	≤ 12	≤ 4	≤ 3	<2	<2
Viscosity Viscosità	mPa.s/25°C	400-1,000	12-16 Pa.s	350-650	100-800	100-800
AHEW		240 °	200 °	95	379	376
PHR		125 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	45-50 <sup>a</sup>	187 <sup>b</sup>	185 <sup>b</sup>
Gelation Time Tempi di gelificazione	min./25°C	30-45 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	80 <sup>a</sup>		
Mix Viscosity Viscosità mista	mPa.s/25°C	2,000 <sup>a</sup>	nd	650 <sup>a</sup>	1,250 <sup>b</sup>	1,250 <sup>b</sup>
BK Phase III Time Tempi fase BK Fase III	h / 25°C	nd	nd	9.5 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	<1 <sup>b</sup>
Principle Application Principio applicativo		Primer	Primer; SLF	Topcoat; SLF	Topcoat; SLF	Modifier; accelerator Modificatore; acceleratore

<sup>a</sup> Bisphenol-A/F resin, C12-14-glycidyl ether diluted, EEW 195, η 1,000 mPa.s / Resina bisfenolica A/F, diluita con etere glicidile C12-14, EEW 195, η 1,000 mPa.s

<sup>b</sup> HDI Trimer isocyanate, 21.8 peso% NCO; η 2,500 mPa.s at 25°C / Isocianato trimero HDI, 21.8 peso % NCO; η 2,500 mPa.s a 25°C

<sup>c</sup> as supplied: - WB-1 contains 50% water; WB-2 contains 45% water / così fornito: - WB-1 contiene 50% di acqua; WB-2 contiene 45% di acqua

Tab. 1  
Properties of formulated amine curing agents used [14]  
Proprietà dei reticolanti amminici utilizzati [14]

film ad alto spessore, dai costi contenuti ed è specificatamente destinato a sistemi autolivellanti a base acquosa. TRT-1 è un indurente poliamminico modificato per uso con resine epossidiche liquide diluite in applicazioni a temperatura ambiente e a basse temperature. TRT-1 è esente da plastificanti e da alchilfenoli sostituiti, consente la formulazione di rivestimenti e pavimentazioni contenenti ridotte quantità di componenti volatili organici e permette l'uso in sistemi a emissioni minime. IC-1 ed IC-2 sono indurenti amminici sviluppati specificatamente per l'uso con poliisocianati, preferibilmente isocianati HDI trimeri. IC-1 è stato messo a punto per fornire una pot-life di lunga durata ed elevata flessibilità, mentre IC-2 velocizza il processo di reticolazione e indurisce sino alla temperatura di 0°C. Sia IC-1 sia IC-2 sono esenti da solventi, da derivati di alchilfenolo ed alcol benzilico. Essi sono interamente compatibili, hanno quantità d'uso simili e possono essere utilizzati in miscela nella formulazione, per modificare la reattività. Simili a TRT-1, possono essere

destinati all'uso di pavimentazioni a basse emissioni. Cyclo-C è un esempio significativo di indurente a base amminica cicloalifatica modificata contenente alcol benzilico. Cyclo-C presenta una resistenza alla compressione pari a 53 MPa e un modulo di 1,4 GPa [11]. I campioni sui quali sono stati effettuati i test sono stati predisposti miscelando le ammine formulate WB-1, WB-2 o TRT-1 con resine epossidiche bisfenolo A/F, diluite con un glicidil etere di alcol C12-14 (12). IC-1 ed IC-2 sono stati valutati con gli isocianati trimeri HDI, 21,8% in peso% di NCO

e viscosità a 2500 mPa.s (25°C). Le formulazioni iniziali usate per le pavimentazioni autolivellanti, le procedure e le attrezzature dei test sono disponibili su richiesta [13]. Salvo dove altrimenti specificato, i campioni si intendono applicati e reticolati a 23°C, con umidità relativa al 60% oppure a 10°C e 50% di umidità relativa.

## PRETRATTAMENTO DEL SUBSTRATO IN CALCESTRUZZO CON PRIMER

In tab. 2 è presentato un prospetto generale di queste tre tipologie di primer epossidici. Il primer epossidico esente da solventi è stato rappresentato da un indurente

amminico cicloalifatico che dà un sistema a <5 g/l VOC. Tipicamente, questi primer hanno una viscosità moderata, che permette un consumo in applicazione di 300-500 g/m<sup>2</sup>. I sistemi esenti da solvente forniscono una buona adesione su substrati in calcestruzzo asciutto, ma sono relativamente lenti nel processo di reticolazione in condizioni di basse temperature (ca. 24 h o più a 10°C). I primers epossidici a base solvente possono fornire una maggiore resa di applicazione per m<sup>2</sup> (100-250 g/m<sup>2</sup>) e tempi di essiccazione abbreviati rispetto alle tipologie esenti da solventi. Tuttavia, l'uso dei solventi quali idrocarburi, glicoleteri e chetoni sostituiti causano anch'essi notevoli quantità di

		WB-1 Anquamine® 287	Solvent-free Epoxy <sup>a</sup> Epossidica <sup>a</sup> esente da solvente	Solvent-based Epoxy <sup>b</sup> Epossidica <sup>b</sup> a base solvente
Mix viscosity <i>Viscosità mista</i>	mPa.s	15-30	450-550	100-200
Pot life	min.	30-45	30-45	45
VOC	g/l	<5	<5	150-250
Solids <i>Solidi</i>	wt%	15-40 (water) 15-40 (acqua)	>95	75-85
Spreading rate <i>Grado di diffusione</i>	g/m <sup>2</sup>	100-500	300-500	100-250
Tack-free time <i>Tempi secco al tatto</i>	h (25°C)	2	6-8	4-6
Concrete <i>Calcestruzzo</i>	Dry/Damp <i>Essiccato/ Bagnato</i>	Dry/Damp <i>Essiccato/Bagnato</i>	Dry (mostly) <i>prevalentemente essiccato</i>	Dry (mostly) <i>prevalentemente essiccato</i>
Adhesion (ISO 4624) Concrete cohesive failure <i>Adesione ISO 4624</i> Degradazione coesiva del calcestruzzo	MPa / % (Damp) MPa / % (Dry)	2.5 / 100 >2.5 / 100	<1 / 0 >2.0 / 100	<1 / 0 2.5 / 100

<sup>a</sup> Representative average example of a solvent free epoxy primer using a cycloaliphatic amine curing agent / *Esempio delle medie rappresentative di primer epossidici esenti da solvente usando un reticolante ammina cicloalifatico*

<sup>b</sup> Representative average example of a 2-pack epoxy primer, solvent-based / *Esempio delle medie rappresentative di primer epossidici bicomponenti esenti da solvente*

Tab. 2 - Performance properties of epoxy primers for concrete  
*Proprietà prestazionali dei primer epossidici per calcestruzzo*

VOC e problemi intrinseci legati agli odori durante l'applicazione. I sistemi epossidici a base acquosa rappresentano una terza opzione per l'impregnazione del calcestruzzo. WB-1 presenta una bassa viscosità intrinseca e permette una facile miscelazione con le resine epossidiche (diluite). Dopo 2 minuti di miscelazione, l'emulsione formata risulta fluida con una viscosità pari a circa 2 Pa.s e con il 75% di contenuto solido. L'emulsione viene quindi diluita in base alla viscosità di applicazione necessaria, ad es. - (a) primer assorbito (15-20 peso % solidi); oppure (b) primer sigillanti per pori (25-40% solidi). La natura della base Mannich consente la rapida essiccazione di WB-1 con tempi di riverniciatura pari a soltanto 2 ore (tab. 2). La ridotta viscosità del primer rende flessibile il consumo pur mantenendo basso lo spessore del film secco, comparabile con i prodotti a base solvente. Per esempio, 500 g/m<sup>2</sup> applicati corrispondono a 75-200 g/m<sup>2</sup> essiccati.

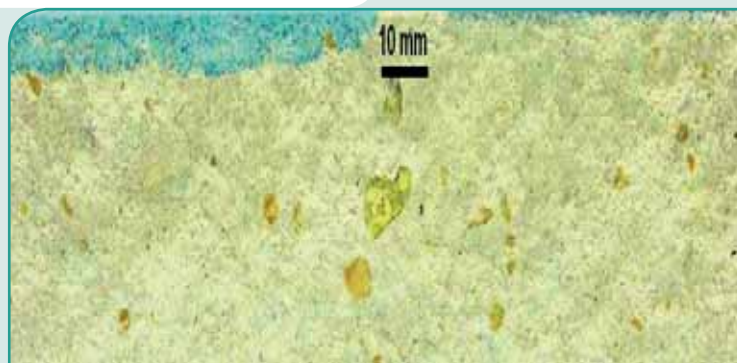


Fig. 3  
Impregnation of sand lime substrate using a primer based on WB-1 (left) versus a conventional waterborne amine curing agent (right).  
*Impregnazione del substrato di sabbia di calce con primer a base di WB-1 (a sinistra) rispetto a un agente reticolante aminico a base acquosa convenzionale (a destra)*

Fig. 3 mostra il grado di penetrazione dei primer a base di WB-1 e di un prodotto a base acquosa convenzionale, entrambi applicati con il 15% in peso di solidi su un substrato poroso. WB-1 penetra più in profondità nel substrato rispetto a un sistema convenzionale, creando in questo modo un alto potere adesivo e consolidamento del substrato. Quando applicato su calcestruzzo

## PREPARING CONCRETE SUBSTRATE WITH A PRIMER

Table 2 shows a performance overview of three types of epoxy primer. The solvent-free epoxy primer is exemplified using a cycloaliphatic amine curing agent and provides a system with <5 g/l VOC. Typically, these primers have a moderate viscosity, which results in a consumption of 300-500 g/m<sup>2</sup>. Solvent free systems provide good adhesion to dry concrete substrates but are relatively slow to cure at the lower temperature condition (ca. 24 h or longer at 10°C). Solvent-based epoxy primers can provide better spreading rate per m<sup>2</sup> (100 - 250 g/m<sup>2</sup>), and improved dry times compared to solvent-free types. However, the use of solvents such as hydrocarbons, glycol ethers and substituted ketones also leads to a considerable VOC and inherent odour issues during the application.

Waterborne epoxy systems represent a third option for priming concrete. WB-1 has an intrinsic low viscosity and allows for easy mixing with

(diluted) epoxy resin. After 2 minutes mixing, the resultant emulsion is free flowing, with a viscosity of circa 2 Pa.s at 75 wt% solids. The emulsion is then diluted to application viscosity, eg:- (a) penetrating primer (15-20 wt% solids); or (b) pore-sealing primer (25-40 wt% solids). The Mannich base nature supports the rapid dry characteristics of WB-1 with merely 2 hours recoat time (Table 2). The low primer viscosity allows freedom of consumption rate while retaining lower dry film thicknesses comparable to solvent-based. For example, 500 g/m<sup>2</sup> applied corresponds to 75-200 g/m<sup>2</sup> dry.

Figure 3 shows the penetration of primers based on WB-1 and a conventional waterborne, both applied at 15 wt% solids to a porous substrate. WB-1 penetrates much deeper into the substrate versus a conventional system, thus establishing high adhesion and strengthening of the substrate. When applied to damp concrete and subjected to pull off adhesion testing, WB-1 based primer resulted in total cohesive failure of the concrete substrate (Figure 4). The easy



Fig. 4  
Adhesion of WB-1 based primer to damp concrete  
*Adesione di un primer a base di WB-1 per impregnare il calcestruzzo*

umido e soggetto al test di adesione allo strappo, il primer a base di WB-1 ha prodotto uno stato di degradazione coesiva totale del substrato di calcestruzzo (fig. 4). La facilità d'uso associata al rapido indurimento e all'eccellente adesione rendono il primer a base di WB-1 la prima scelta per una posa veloce e facilitata delle pavimentazioni industriali.

## APPLICAZIONE DELLO STRATO INTERMEDIO PER OTTENERE ALTA PRESTAZIONE E LUNGA DURATA

Una volta applicato il primer, l'adatto alla creazione di capitolati o l'architettato, dispongono di varie possibilità nella scelta dello strato intermedio. Nel caso in cui quest'ultimo sia un rivestimento (<500 mm), esso funge spesso da rive-

handling combined with rapid cure and excellent adhesion, make primers based on WB-1 a first choice for fast-track installation of industrial floors.

### APPLICATION OF MID-COAT FOR OBTAINING PERFORMANCE AND LONGEVITY

Once the primer has been applied, the specifier or architect has multiple choices for selecting a mid-coat

system. In case the mid-coat is a coating (< 500 µm), it often acts as the final coating. Typically coating systems offer benefits of economics, good aesthetics and fast spreading rates per work day. They also have limitations to protect the concrete integrity in terms of mechanical wear and tear and the absence of load bearing properties. As a result, often high build (>1 mm) coatings or self-levelling floors are applied. Though these are more costly per square meter, they generally allow

bigger jobs (>2,000 m<sup>2</sup>/day) and offer improved mechanical and chemical resistances.

Waterbased epoxy high build floorings have built a strong industry track record [2]. The available systems typically offer an attractive matte finish, high water vapour permeability, good walk-on time and acceptable mechanical resistances for general industrial use. However, the high filler to binder ratio and fast setting nature can also lead to reduced wet edge

time and compromised application robustness. The self-levelling floor system based on WB-2 was re-engineered to improve on these points versus incumbent waterborne systems. The formulation concerns a 3-pack system and the performance data is shown in Table 3. The filler to binder ratio (3.4:1) and adjustments of the filler types facilitate high flow and levelling and long wet edge times, even in thinner coats. The mix density was reduced with 10% versus incumbent, resulting in improved material cost economics per square meter of floor. Figure 6 shows the water vapour permeability with time of a formulated self-levelling floor based on WB-2 in comparison to Cyclo-C.

The formulation adjustments of the 3-pack system based on WB-2 continue to show the water vapour permeability as originally demonstrated by Lohe et al. [3] and summarized in Figure 5.

*The second part of this paper will be published in the next Pitture e vernici-European Coatings issue*

Property Proprietà		WB-2 (Anquamine 735)	TRT-1 (Ancamine 2739)	Concrete <sup>1</sup> Calcestruzzo <sup>1</sup>
Surface Appearance Aspetto superficiale	Visual Visivo	Satin / Matt Satinato / Opaco	High Gloss Alta brillantezza	Matt Opaco
Walk-on – time to Shore D50 Calpestabilità – tempi in base a Shore D50	h (10°C)	24	24	–
Wet edge (open time) Margini di lavorabilità (possibilità di intervento)	min.	20-30	>40	–
Compressive Strength Resistenza alla compressione	MPa	40	76	25-30
Compressive Modulus Modulo di compressione	GPa	1.0	2.4	30.0
Tensile Elongation Allungamento a trazione	%	<5	<5	<1
Impact Resistance Resistenza all'urto	kg.cm	180-200	< 100	<25
Water Vapour Transmission Trasmissione del vapore acqueo	µ-factor fattore µ	500-600	30,000	75-150
Abrasion Resistance (CS17) Resistenza all'abrasione (CS17)	mg loss perdita in mg	300	260	High Alto
Low Emission amenable Gestione delle basse emissioni	Yes/No Sì/No	Yes Sì	Yes Sì	–

<sup>1</sup> C25/30 concrete acc. to EN1045-2001  
Calcestruzzo C25/30 a base di EN1045-2001

Tab. 3 - Comparison of waterborne and solvent free self-levelling floors  
Analisi comparata fra pavimentazioni autolivellanti esenti da solventi e a base acquosa

stimento finale. Tipicamente, i rivestimenti offrono vantaggi economici, estetici con gradi di resa applicativa elevata e accelerati nell'arco della giornata. Essi però offrono al calcestruzzo una protezione limitata, in termini di usura meccanica e di resistenza allo strappo oltre ad essere privi di resistenza alla compressione. Di conseguenza, si applicano spesso rivestimenti ad alto spessore (>1mm) oppure pavimentazioni autolivellanti. Sebbene questi abbiano dei costi superiori per metro quadrato, essi generalmente permettono di eseguire

lavori più estesi (<2000 m<sup>2</sup>/giorno) oltre ad offrire resistenze chimico-meccaniche superiori. I pavimenti ad alto spessore, contenenti epossidiche a base acquosa si sono affermati nel tempo in ambito industriale [2]. I sistemi disponibili forniscono nella fattispecie una finitura opaca dotata di soddisfacenti proprietà estetiche, elevata permeabilità al vapore acqueo, tempi di calpestabilità accettabili e una buona resistenza meccanica per l'uso industriale in generale. Tuttavia, l'alto rapporto riempitivo/legante e la

tendenza all'indurimento veloce possono determinare una riduzione dei tempi di lavorabilità sul margine di ripresa compromettendo l'efficienza applicativa. Il sistema pavimentazione autolivellante a base di WB-2 è stato quindi riprogettato per apportare migliorie a questi aspetti, in funzione dei sistemi a base acquosa presenti sul mercato. La formulazione riguarda il sistema a tre componenti e i dati prestazionali sono riportati in tab. 3. Il rapporto carica /legante (3:4:1) e l'adeguamento delle tipologie di cariche,

contribuiscono ad incrementare lo scorrimento, il livellamento e i tempi di lavorabilità dei margini anche nel caso di strati di spessore inferiore. La densità media del mix è stata ridotta con un 10% in funzione del prodotto convenzionale, offrendo buone opportunità di risparmio sul materiale applicato per metro quadrato di superficie pavimentata. In fig. 6 è rappresentata la permeabilità al vapore acqueo secondo i tempi di una pavimentazione autolivellante a base di WB-2 rispetto a Cyclo-C. La regolazione della formulazione del sistema a tre componenti a base di WB-2 continua a presentare permeabilità al vapore acqueo, come dimostrato in origine da Lohe et al. [3] e come da fig. 5.

La seconda parte dell'articolo sarà pubblicata nella prossima edizione di Pitture e vernici-European Coatings

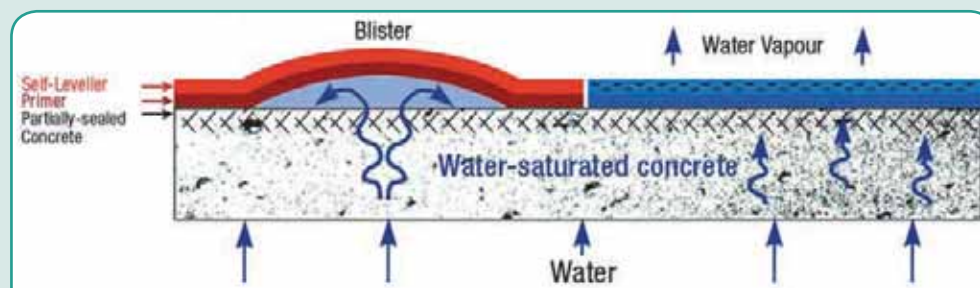


Fig. 5 Importance of water vapour permeability in industrial flooring systems [3]  
Importanza della permeabilità al vapore acqueo nei sistemi per pavimentazioni industriali [3]