

AMONN FIRE



.06

LA PROTEZIONE PASSIVA DAL FUOCO DI STRUTTURE IN FERRO

“L'applicazione di vernici intumescenti su strutture metalliche, la preparazione dei supporti, le metodologie di applicazione, i controlli durante e dopo la posa in opera”

INDICE

1 Preparazione dei supporti	pag. 5
1.1 Acciaio laminato	pag. 5
1.2 Acciaio zincato	pag. 10
1.3 Acciaio verniciato	pag. 12
2 Applicazione rivestimento intumescente	pag. 14
2.1 Metodi di applicazione	pag. 14
2.2 Applicazione su superfici zincate.....	pag. 15
2.3 Informazioni sulla sicurezza dei preparati	pag. 15
2.4 Controllo del prodotto applicato.....	pag. 16
3 Controllo della posa in opera	pag. 17
3.1 Difetti di applicazione.....	pag. 17
3.2 Controlli durante la posa.....	pag. 18
3.3 Difetti superficiali dello strato essiccato.....	pag. 20
4 Conformità del sistema protettivo applicato	pag. 22
4.1 Misure di spessore	pag. 22
4.2 Misure di adesione	pag. 24
5 Durabilità del sistema protettivo applicato	pag. 32
5.1 Composizione, ingredienti, formulazioni	pag. 32
5.2 Protezione dei rivestimenti intumescenti.....	pag. 33
5.3 Durata dei cicli di verniciatura applicati.....	pag. 34
5.4 Alcuni esempi di cicli protettivi intumescenti comprensivi di fondo e finitura	pag. 38

Allegato 1: Punto di rugiada (in funzione dell'umidità relativa e temperatura dell'aria)

Allegato 2: Comparazione ugelli di spruzzo

Allegato 3: Tabella consumi rivestimento intumescente PROTHERM STEEL

Allegato 4: Tavola di conversione spessori

Premessa

La funzione delle vernici intumescenti applicate su strutture in acciaio è quella di rallentare il più possibile l'innalzamento della temperatura in caso di incendio e, quindi, evitare il collasso delle strutture per sopravvenuta plasticità dell'acciaio.

Pur considerando che l'obiettivo prioritario dell'applicazione di un rivestimento intumescente su elementi strutturali di acciaio rimane sempre la salvaguardia dal fuoco della struttura (di cui si è richiesta la protezione), non si devono perdere di vista le problematiche e gli aspetti che sempre accompagnano l'applicazione dei cicli tradizionali di verniciatura su acciaio e che interessano la preparazione della superficie da trattare, l'applicazione di uno strato di fondo anticorrosivo e l'eventuale protezione dello strato intumescente con una finitura adeguata.

Una realtà molto complessa, una situazione in cui per risultare vincenti occorre coniugare sperimentazione, ricerca ed una profonda conoscenza del prodotto, verificando di volta in volta la qualità delle scelte effettuate, sia in considerazione degli aspetti più intimamente legati alle prestazioni di resistenza al fuoco dei sistemi protettivi intumescenti impiegati. Come ad esempio la capacità di sostenere il processo d'intumescenza (da parte della finitura applicata) senza inibire l'espansione del rivestimento e la corretta formazione della schiuma protettiva durante l'esposizione al fuoco, in caso d'incendio; sia in relazione alle problematiche più specificatamente inerenti l'uso dei prodotti vernicianti e l'applicazione dei cicli di verniciatura su acciaio, che possono riguardare l'adesione del film di pittura al supporto, la capacità anticorrosiva del fondo utilizzato, la compatibilità chimica fra i vari strati di prodotto verniciante impiegati, la resistenza agli agenti fisici della finitura prescelta e/o la durabilità nel tempo dell'intero ciclo di verniciatura applicato.

PREPARAZIONE DEI SUPPORTI

I supporti da verniciare si possono classificare in ordine al tipo di metallo da proteggere e allo stato della superficie da trattare:

- **ACCIAIO LAMINATO**, superficie in presenza di calamina o di ruggine
- **ACCIAIO ZINCATO**, superficie a fiori di zinco
- **ACCIAIO VERNICIATO**, superficie trattata con vecchie pitture

Il supporto da proteggere richiede uno specifico trattamento preliminare, in funzione del tipo di superficie che si presenta; quindi, il ciclo di verniciatura più idoneo, da applicare, va individuato tenendo in considerazione:

- a) preparazione del supporto
- b) trattamento preliminare
- c) trattamento intermedio di aderenza
- d) trattamento per la protezione al fuoco
- e) trattamento di finitura

1.1 ACCIAIO LAMINATO IN PRESENZA DI CALAMINA O RUGGINE

L'acciaio che giunge dall'industria siderurgica è sempre ricoperto da uno strato di CALAMINA, la cui formazione è dovuta alla reazione tra la superficie calda e l'ossigeno dell'aria.

Si tratta in genere di uno strato sottile e discontinuo, di colore grigio azzurro costituito, da OSSIDI di FERRO a diverso grado di ossidazione.

Il componente principale è l'ematite che, se fosse distribuito uniformemente su tutta la superficie, potrebbe costituire una valida barriera contro l'ossidazione e la formazione di ruggine.

Sfortunatamente questa condizione non si verifica mai nella realtà: infatti, a causa delle sollecitazioni termiche e meccaniche che subisce il manufatto, questo strato protettivo non risulta mai continuo ed omogeneo.

Normalmente, gli strati sottostanti di ossidi sono fragili e si fratturano con facilità, inoltre la scaglia di laminazione ha un coefficiente di dilatazione termica molto diverso da quello dell'acciaio e, quindi, le zone scoperte si ossidano velocemente a contatto con l'OSSIGENO, l'UMIDITÀ, l'ANIDRIDE CARBONICA, le RADIAZIONI SOLARI, gli ACIDI e gli ALCALI, le CORRENTI ELETTRICHE VAGANTI ecc.

Pertanto, prima di applicare qualsiasi ciclo di verniciatura, per poter garantire la DURATA nel tempo di un supporto in ferro appena laminato, è indispensabile preventivare un trattamento preliminare della superficie da proteggere.

Metodi visivi di valutazione delle superfici

La necessità di una valutazione primaria dello stato delle superfici, non dipende da un'osservazione soggettiva, è soddisfatta dalle norme elaborate dal "Comitato per lo studio della corrosione dell'Accademia Svedese delle Scienze Tecniche" che mette a disposizione degli interessati una scala fotografica standard.

Si tratta degli Standard Svedesi SIS 05 59 00 1967 che distinguono 4 stati di invecchiamento del manufatto e identificano per ciascuno una differente situazione iniziale:

- ✓ superficie interamente coperta da calamina ben aderente ed esente da ruggine;
- ✓ superficie con calamina in fase di sfaldamento in presenza di vari punti di ruggine;
- ✓ superficie priva di calamina in presenza di ruggine rigonfiata e in fase di distacco con poche cavità visibili;
- ✓ superficie priva di calamina in presenza di ruggine rigonfiata e in fase di distacco con molte cavità visibili.



Superficie d'acciaio ricoperta abbondantemente da scorie di laminazione aderenti ma poca, o niente, ruggine.

Superficie d'acciaio che ha incominciato ad arrugginire e dalla quale le scorie di laminazione hanno incominciato a sfaldarsi.

a) Preparazione del supporto

In corrispondenza delle 4 situazioni più sopra descritte, il Comitato Svedese, indica 2 gradi di preparazione conseguibili con attrezzi manuali o meccanici ed altri 4 gradi di preparazione realizzabili con sabbiatura, come indicato nella seguente Tabella A:

Tabella A

Stato acciaio	Preparazione manuale		Preparazione per sabbiatura			
	St2	St3	Sa1	Sa2	Sa2½	Sa3
A					A Sa2½	A Sa3
B	B St2	B St3	B Sa1	B Sa2	B Sa2½	B Sa3
C	C St2	C St3	C Sa1	C Sa2	C Sa2½	C Sa3
D	D St2	D St3	D Sa1	D Sa2	D Sa2½	D Sa3



Grado di sabbiatura SA 2



Grado di sabbiatura SA 3

Note:

- A B C D = stato iniziale della superficie dell'acciaio
- St = preparazione manuale o meccanica
- Sa = sabbiatura
- 1, 2, 2½, 3 = grado di preparazione della superficie (1 = leggera, 2 = accurata, 2½ = molto accurata, 3 = metallo perfettamente pulito)

I gradi di sabbiatura definiti dagli standard svedesi, trovano riscontro nelle definizioni di uso corrente:

- Sa1 = sabbiatura attraverso spazzolatura
- Sa2 = sabbiatura commerciale o a metallo grigio
- Sa2½ = sabbiatura a metallo quasi bianco
- Sa3 = sabbiatura a metallo bianco

Gli Standard Svedesi (SIS), inoltre, trovano corrispondenza nelle specifiche di preparazione fornite da "Steel Structures Painting Council" (SSPC), come si può desumere anche dalla seguente Tabella B:

Tabella B

SIS	SSPC	BS	NACE
B, C, D - Sa1	SSPC-SP7-63		N°4
B, C, D - Sa2	SSPC-SP6-63		N°3
A, B, C, D - Sa2½	SSPC-SP10-63T	2° QUALITÀ	N°2
A, B, C, D - Sa3	SSPC-SP5-63	1° QUALITÀ	N°1

Pulizia con solventi

E' il trattamento preliminare minimo a cui sottoporre il supporto da trattare: tale pulizia, che ha lo scopo di rimuovere il grasso, l'olio o altri contaminanti residui, si effettua manualmente utilizzando pennelli o stracci, raschietti o spazzole a fibra rigida; generalmente viene seguito da un altro tipo di trattamento più specifico.

Pulizia con attrezzi manuali

Si utilizza per superfici non troppo estese o difficilmente agibili.

Il grado di pulizia raggiunto dipende dall'abilità dell'operatore; si può considerare buona una preparazione di grado "2".

Si impiegano spazzole metalliche, raschietti, martelli per picchettaggio e carta abrasiva, per eliminare incrostazioni di ruggine ed altre sostanze estranee al supporto. Al termine è necessario rimuovere tutti i residui per mezzo di aspiratori o con getti d'aria compressa.

Pulizia con solventi

È il trattamento preliminare minimo a cui sottoporre il supporto da trattare: tale pulizia, che ha lo scopo di rimuovere il grasso, l'olio o altri contaminanti residui, si effettua manualmente utilizzando pennelli o stracci, raschietti o spazzole a fibra rigida; generalmente viene seguito da un altro tipo di trattamento più specifico.

Pulizia con attrezzi manuali

Si utilizza per superfici non troppo estese o difficilmente agibili.

Il grado di pulizia raggiunto dipende dall'abilità dell'operatore; si può considerare buona una preparazione di grado "2".

Si impiegano spazzole metalliche, raschietti, martelli per picchettaggio e carta abrasiva, per eliminare incrostazioni di ruggine ed altre sostanze estranee al supporto. Al termine è necessario rimuovere tutti i residui per mezzo di aspiratori o con getti d'aria compressa.

Pulizia con attrezzi meccanici

Con questo trattamento si riesce a raggiungere la preparazione di grado "3"; solo la calamina, saldamente ancorata, può sfuggire a questa pulizia.

Si impiegano picchietti pneumatici, battitori a rotelle, battitori a punto, dischi abrasivi e spazzole meccaniche. Al termine si devono rimuovere i residui.

Sabbiatura

È il metodo più efficace per ottenere una superficie perfettamente pulita, rugosa ed omogenea; base ideale per la buona adesione di un rivestimento protettivo.

Il materiale abrasivo proiettato da un'apparecchiatura ad aria compressa, è di solito composto da sabbie silicee selezionate (più costoso) o da graniglie a base di ghisa, acciaio o carborundum (nei processi di recupero).

Il grado di pulizia ottenuto dipende dalla velocità di esecuzione del trattamento; mentre, la "profondità" o "profilo di sabbiatura" dipende dal tipo e dal diametro del materiale abrasivo impiegato.

E' importante precisare che il "grado di sabbiatura" si distingue dal "profilo di sabbiatura" per i seguenti motivi: il primo rappresenta la percentuale di scaglie di laminazione, ruggine, e altri materiali da asportare; il secondo indica la rugosità superficiale che si ottiene indipendentemente dal grado di sabbiatura prescelto.

Sabbiatura di spazzolatura: sabbiatura leggera con spolveratura a getto d'aria ; si rimuovono le parti incoerenti (calamina, ruggine o altro).

L'aspetto finale corrisponde al "grado Sa1".

Sabbiatura commerciale o a metallo grigio: sabbiatura con spolveratura a getto d'aria più intenso, se vi sono numerosi crateri di corrosione, contenenti sostanze estranee; si rimuovono le parti incoerenti (calamina, ruggine o altri inquinanti).

L'aspetto finale dovrà corrispondere al "grado Sa2".

Sabbiatura a metallo quasi bianco: presenta le stesse caratteristiche della sabbiatura a metallo bianco, salvo per il fatto che la pulizia viene limitata al 95% circa dell'intera superficie; ha una buona affidabilità ed è più economica della preparazione a metallo bianco.

Sabbiatura a metallo bianco: è la sabbiatura che permette la pulizia più completa ed accurata del manufatto, la cui superficie viene portata a metallo "vivo". La superficie così trattata presenta caratteristiche di estrema reattività: a contatto con l'ossigeno e l'umidità dell'aria tende ad ossidarsi molto facilmente; quindi, dopo questo trattamento, è consigliabile intervenire rapidamente, applicando entro 6-8 ore il ciclo di verniciatura previsto.

b) Trattamento preliminare

Dopo aver portato la superficie del metallo al giusto grado di preparazione si può iniziare il ciclo di verniciatura previsto. Prima di applicare il rivestimento intumescente PROTHERM STEEL (versione a solvente) o AQUASTEEL (versione in soluzione acquosa) è bene trattare la superficie da proteggere con un prodotto antiruggine specifico, in funzione del tipo di aggressione ambientale a cui sarà sottoposto il manufatto in opera.

Si consiglia di attenersi alle indicazioni specifiche riportate sulla Scheda Tecnica del prodotto intumescente da installare e, comunque in generale, di scegliere uno dei seguenti trattamenti:

PROTHERM PRIMER per applicazioni in atmosfera urbana e industriale leggera;

PROTHERM PRIMEPOX per applicazioni in atmosfera marina e industriale pesante.

c) Trattamento intermedio di aderenza

Nel caso di applicazione di rivestimento intumescente su supporti in acciaio sabbiato e trattato con un fondo anticorrosivo, non sono richiesti trattamenti specifici di aderenza.

d) Trattamento per la protezione dal fuoco

L'applicazione del rivestimento intumescente PROTHERM STEEL o AQUASTEEL si realizzerà secondo quanto specificato nella relativa Scheda tecnica e, comunque, accertandosi di non essere in condizioni ambientali sfavorevoli.

Condizioni limite di applicazione

Si raccomanda di non applicare i sistemi intumescenti PROTHERM STEEL o AQUASTEEL con temperatura ambientale inferiore a 5°C o superiore a 50°C e in condizioni di umidità relativa superiore a 80% (si veda l'Allegato 1).

e) **Trattamento di finitura**

PROTHERM STEEL o AQUASTEEL se applicati all'interno e in assenza di fenomeni chimici o fisici particolarmente aggressivi non richiedono, di regola, alcun trattamento di finitura dello strato di verniciatura applicato.

Il rivestimento intumescente è caratterizzato da uno strato poroso e poco legato, quindi, per garantire la durata del trattamento nel tempo in ambienti climatici sfavorevoli o in aree soggette ad aggressioni di tipo chimico o fisico (tipo atmosfere industriali o particolarmente corrosive, caratterizzate dalla presenza di specifici inquinanti ambientali) lo strato intumescente deve necessariamente essere chiuso con un'idonea finitura protettiva.

Nel caso di applicazioni all'interno, in presenza di umidità e forte condensa, o in aree soggette a deboli aggressioni chimiche, dovute a particolari lavorazioni industriali, si consiglia l'applicazione di una finitura acrilica a solvente; mentre, per applicazioni all'esterno, in aree urbane soggette a condizioni atmosferiche normali, o in ambiente marino o industriale, in presenza di forti aggressioni chimiche o fisiche, si raccomanda l'impiego di una finitura poliuretana bicomponente a solvente. L'applicazione della mano di finitura deve essere realizzata in conformità delle indicazioni prescritte dal fornitore e riportate nella Scheda Tecnica di prodotto, con particolare osservanza dei tempi di essiccamento richiesti, per i vari strati successivi del ciclo di applicazione previsto.

1.2 ACCIAIO ZINCATO

La necessità di un'adeguata preparazione del supporto zincato è un'operazione fondamentale per garantire nel tempo il risultato di un ciclo di verniciatura protettivo.

Lo stato della superficie zincata deve essere valutato molto attentamente prima di procedere alla successiva verniciatura. Lo strato di zinco depositato in superficie, infatti, dopo alcuni mesi dall'applicazione tende a deteriorarsi dando luogo a numerosi difetti superficiali (affioramenti, crateri, distacchi, ecc.), denominati genericamente "fiori di zinco", in grado di compromettere seriamente la qualità e la durata nel tempo di qualsiasi successiva verniciatura protettiva.

a) **Preparazione del supporto**

Rimuovere, con raschietto o altri attrezzi adeguati, la sporcizia superficiale e tutte le particelle solide aggrappate al supporto da trattare.

Lavare la superficie con solvente: utilizzare ragia minerale, essenza di trementina o nafta alto bollente.

La ragia minerale viene consigliata sia per l'economia del prodotto, che per il livello contenuto di tossicità della sostanza; comunque, durante la pulizia, si raccomanda di operare in ambienti adeguatamente ventilati assicurando il costante ricambio d'aria negli ambienti chiusi.

Per scongiurare il pericolo di incendio o il rischio di esplosioni, si dovrebbe evitare l'impiego di benzine o nafta a basso punto di ebollizione.

Sono invece impiegati con successo anche i detergenti alcalini a base di fosfato di sodio; il metodo può risultare poco economico perché alla fine del trattamento la superficie va comunque sciacquata accuratamente con acqua, preferibilmente calda e sotto pressione, sino a reazione neutra della superficie.

In presenza di inquinanti non dilavati dai suddetti trattamenti, si devono utilizzare solventi più forti come acetone, metil-etil-chetone o solventi clorurati; attenzione, anche in questo caso, ad assicurare un'adeguata ventilazione e il costante ricambio d'aria negli ambienti di lavoro.

b) Trattamento preliminare

Il trattamento di zincatura offre all'acciaio ottime proprietà anticorrosive; per contro, la superficie zincata ha bisogno di una mano di aggancio nei confronti di una successiva verniciatura; i trattamenti a base di rivestimento intumescente, caratterizzati (come si diceva) da uno strato poroso e poco legato, in caso di applicazione su superfici di acciaio zincato abbisognano necessariamente di una mano di ancorante o di aggancio (trattamento intermedio di aderenza).

c) Trattamento intermedio di aderenza

Nel caso di protezione di supporti zincati (sia a caldo, che a freddo) o trattati con sistemi ricchi di zinco (tipo zincante inorganico), occorre generalmente prevedere l'impiego di una mano di verniciatura intermedia, che consenta di migliorare l'adesione a freddo fra zinco metallico e rivestimento intumescente e garantisca l'adesione a caldo, in caso di incendio, del sistema protettivo per tutta la durata del periodo di esposizione al fuoco richiesto, tipo PROTHERM PRIMEPOX.

Durante la realizzazione del ciclo di verniciatura previsto, si raccomanda di seguire scrupolosamente tutte le indicazioni prescritte nelle schede tecniche dei prodotti da installare; in particolare si raccomanda di osservare rigorosamente gli intervalli di tempo richiesti durante l'applicazione dei vari strati successivi del ciclo.

d) Trattamento per la protezione dal fuoco

(si veda precedente paragrafo 1.1)

e) Trattamento di finitura

(si veda precedente paragrafo 1.1)

1.3 ACCIAIO VERNICIATO

La necessità di un'adeguata preparazione del supporto sussiste anche nel caso di applicazione di rivestimento intumescente su superfici in presenza di strati di verniciatura invecchiati da pochi mesi o esposti per lungo tempo all'azione delle intemperie, oppure nel caso di interventi di manutenzione su superfici già trattate in passato con lo stesso rivestimento intumescente.

a) Preparazione del supporto

Si possono verificare le seguenti situazioni:

1. Superficie trattate con vecchi strati di vernice in buono stato: è sufficiente un lavaggio con acqua dolce o con detergenti per eliminare gli eventuali contaminanti (controllare la compatibilità fra strato di rivestimento da applicare e vecchio strato di pittura preesistente, chiedere informazioni al produttore).
2. Superficie trattate con vecchi strati di vernice in fase di distacco e in presenza di punti di ruggine: intervenire manualmente asportando le parti incoerenti e portando a metallo nudo le parti arrugginite (controllare la compatibilità fra strato di rivestimento da applicare e vecchio strato di pittura preesistente, chiedere informazioni al produttore).
3. Superficie trattate con vecchi strati di vernice in fase di distacco e in presenza ampie zone in fase di corrosione: procedere ad una profonda pulizia meccanica o con sabbiatura (vedi capitolo 1.1 Acciaio laminato).
4. Superficie arrugginita in presenza di vecchi strati di vernice completamente usurati: intervenire con mezzi meccanici o con sabbiatura (si riveda come sopra per l'acciaio arrugginito).

b) Trattamento preliminare

Nel caso 1, non è necessario alcun ulteriore trattamento.

Nel caso 2 si consiglia di ripristinare le zone danneggiate applicando, dove necessario, una mano di fondo tipo PROTHERM PRIMER, o di fondo di adesione tipo PROTHERM PRIMEPOX nelle zone a portate a metallo nudo.

Mentre, nei casi 3 e 4 si consiglia di ripristinare completamente il trattamento protettivo, ad iniziare dalla mano di fondo anticorrosivo (vedi capitolo 1.1 Acciaio laminato o 1.2 Acciaio zincato, a seconda del tipo di superficie in esame).

c) Trattamento intermedio di aderenza

Nel caso 1, non è necessario alcun ulteriore trattamento.

Nel caso 2, se necessario, estendere il trattamento a base di fondo di adesione tipo PROTHERM PRIMEPOX all'intera superficie.

Nei casi 3 e 4, non si richiede alcun trattamento intermedio di adesione, salvo la presenza di una superficie zincata; in tal caso si consiglia l'applicazione di una mano omogenea del fondo di adesione tipo PROTHERM PRIMEPOX.

d) Trattamento per la protezione al fuoco

(si veda capitolo 1.1 Acciaio laminato o 1.2 Acciaio zincato, a seconda del tipo di superficie in esame).

e) Trattamento di finitura

(si veda capitolo 1.1 Acciaio laminato o 1.2 Acciaio zincato, a seconda del tipo di superficie in esame).

2

APPLICAZIONE DEL RIVESTIMENTO INTUMESCENTE

Tutte le operazioni di applicazione dei rivestimenti protettivi devono essere realizzate in ottemperanza alle prescrizioni del produttore e in conformità alle indicazioni riportate sulle Schede Tecniche e sulle Schede di Sicurezza dei sistemi intumescenti da installare.

In particolare nessun prodotto deve essere applicato, ad eccezione degli zincanti inorganici, al di sotto del punto di rugiada.

Si riportano, nell'Allegato 1, i PUNTI DI RUGIADA, in funzione della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria.

Prima di procedere all'applicazione dei vari strati successivi del ciclo di verniciatura prescelto, si raccomanda di ispezionare lo stato del fondo anticorrosivo applicato: nel caso di zone danneggiate da operazioni di montaggio, trasporto, saldature, ecc., procedere a piccoli ritocchi utilizzando un fondo a rapida essiccazione, tipo PROTHERM PRIMER.

2.1 METODI DI APPLICAZIONE

Spruzzo ad aria

Questo sistema è utilizzato per prodotti a basso spessore e trova impiego nel caso di applicazione di rivestimenti intumescenti a bassa o media viscosità.

La pistola e la relativa tubazione di mandata devono essere collegate ad un serbatoio che lavora sotto pressione e munito di agitatore a basso numero di giri.

Con questa tecnica si ottengono superfici con finitura piuttosto irregolare e con effetto a buccia d'arancia. Il metodo risulta meno economico in termini di resa dell'applicazione.

Airless

È il sistema più comune ed economico per applicare prodotti ad alto spessore con viscosità elevata, come le pitture intumescenti.

L'apparecchiatura si compone essenzialmente di una pompa, le cui parti principali sono: un serbatoio che contiene il prodotto verniciante, il motore elettrico o ad aria compressa e la pistola, fornita di particolari ugelli di spruzzo e di sistema automatico di pulizia dell'ugello.

Il prodotto verniciante viene aspirato dalla pompa ed inviato, attraverso una tubazione flessibile, alla pistola di spruzzo. La vaporizzazione del materiale avviene all'uscita dell'ugello per l'improvvisa caduta di pressione. La superficie di finitura risulta molto sottile e uniforme.



Nell'Allegato 2 vengono fornite tabelle di EQUIVALENZA degli UGELLI AIRLESS normalmente utilizzati.

2.2 APPLICAZIONE SU SUPERFICI ZINCATE

La superficie zincata, come già riferito nel capitolo 1.2, necessita di una mano di ancorante o aggancio per migliorare l'adesione del rivestimento intumescente.

Come consigliato al capitolo 1.2, nel caso di protezione di superfici zincate, è buona regola creare l'aggancio impiegando una mano di fondo di adesione tipo PROTHERM PRIMEPOX, prima di procedere all'impiego del rivestimento intumescente.

Per l'applicazione degli strati successivi di rivestimento intumescente, si consiglia di applicare il rivestimento con la tecnica del "mist coat full coat", che consiste nell'applicare un velo del materiale seguito da uno strato più consistente di pittura (la mano piena vera e propria), a distanza di circa 2 minuti dallo strato leggero. Si raccomanda di applicare il primo strato sottile di prodotto (non superando possibilmente i 30/40 micron) dopo aver portato il prodotto ad una diluizione maggiore rispetto a quella normalmente consigliata, così da evitare la formazione di bollicine, che potrebbero pregiudicare l'adesione del successivo strato (pieno) di rivestimento intumescente da applicare.

2.3 INFORMAZIONI SULLA SICUREZZA DEI PREPARATI

Tutti i preparati (fondi anticorrosivi, intermedi di adesione, rivestimenti intumescenti e finiture protettive) forniti sono provvisti della Scheda di Sicurezza del prodotto, in 16 punti, redatta ai sensi del decreto ministeriale 7 settembre 2002.

Le sostanze pericolose (ai sensi del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n° 52 e successive modifiche ed integrazioni), eventualmente contenute nelle formulazioni dei prodotti vernicianti forniti, sono elencate alla Sezione 2 della suddetta Scheda di Sicurezza del prodotto verniciante in questione e sono indicate anche sull'etichetta apposta sull'imballo del preparato.

Occorre considerare che gli eventuali preparati pericolosi ai sensi del Decreto Legislativo 14 marzo 2003, n° 65, comportano la presenza sul luogo di lavoro di agenti chimici pericolosi (ai sensi del decreto legislativo 2 febbraio 2002, n°25) e, pertanto, l'utilizzo di questi prodotti in ogni tipo di procedimento lavorativo (produzione, manipolazione, immagazzinamento, trasporto, smaltimento e trattamento rifiuti) deve essere effettuato seguendo rispettosamente le indicazioni riportate sulle Schede di Sicurezza dei preparati in questione.

Le indicazioni riportate sulle Schede di Sicurezza e le informazioni fornite in tali documenti corrispondono allo stato più recente di informazione, sviluppo ed impiego dei nostri prodotti.

2.4 CONTROLLO DEL PRODOTTO APPLICATO

Durante l'applicazione occorre controllare lo spessore di tutti gli strati umidi dei vari prodotti vernicianti depositati (fondo, intermedio di aderenza, rivestimento intumescente ed eventuale strato di finitura) e, in particolare, è essenziale assicurarsi che lo spessore dei vari strati umidi di rivestimento intumescente posato corrispondano (per somma) allo spessore totale richiesto dalla relativa specifica di progetto, di riferimento al lavoro in questione.

Lo spessore umido di un prodotto verniciante si controlla, in fase di applicazione, con l'apposito spessimetro a umido, costituito da uno speciale "pettine" fornito di denti a diverse lunghezze. Lo spessore dello strato depositato si misura ponendo "il pettine" a contatto con la vernice fresca e controllando l'ultimo dente bagnato dalla pittura appena applicato.

Nell'Allegato 3, sono riportate le tabelle che consentono di ricavare - in relazione ai quantitativi di prodotto depositato (CONSUMO) - il relativo spessore a umido applicato (WFT = WET FILM THICKNESS) e lo spessore secco di rivestimento intumescente corrispondente (DFT= DRY FILM THICKNESS).



La sequenza fotografica mostra l'utilizzo del pettine per il rilievo di spessore a umido. La foto a sinistra evidenzia una serie di denti bagnati dalla vernice bianca: il primo dente (a destra nella foto) non bagnato (dalla vernice bianca) rappresenta la misura a umido del prodotto applicato.

3

CONTROLLO DELLA POSA IN OPERA

3.1 DIFETTI DI APPLICAZIONE

I sistemi protettivi antincendio a base di rivestimento intumescente sono cicli di verniciatura costituiti da prodotti vernicianti speciali, la cui applicazione può comportare qualche difficoltà in più rispetto ai classici prodotti di verniciatura tradizionali.

Le principali anomalie che possono essere registrate durante la posa in opera dei sistemi protettivi a base di rivestimento intumescente possono riguardare gli aspetti seguenti.

Spruzzatura non uniforme

Può essere causata da pressione troppo bassa o dall'ugello non adatto.

Ventaglio irregolare

Può verificarsi se il foro dell'ugello della pistola è ostruito o comunque danneggiato.

Eccessiva atomizzazione (polverizzazione)

Dipende dalla pressione dell'aria troppo bassa, dall'ugello non adatto, dall'eccessiva diluizione o da una distanza eccessiva tra la pistola e la superficie da trattare.

Colature

Possono verificarsi quando il prodotto è stato diluito eccessivamente o quando si è applicato uno spessore, per mano, superiore a quello consigliato dal produttore.

Schivature

Possono verificarsi quando il supporto non si lascia "bagnare" dal prodotto in fase di applicazione e rimangono scoperte piccole zone circolari simili a piccoli crateri. Ciò può essere dovuto a contaminazione del supporto da parte di oli o grassi o altre particelle contaminanti.

Bucciatura (buccia d'arancia)

Può verificarsi quando la viscosità del prodotto e/o la pressione dell'aria all'attrezzatura di spruzzo sono troppo elevate.

Rimozione

Si verifica quando non si rispetta il tempo minimo di sovraverniciatura o quando si sovravernicia con prodotti contenenti solventi o diluenti molto aggressivi nei confronti del prodotto depositato nello strato precedente.

Il fenomeno si evidenzia con il rigonfiamento dello strato, per parziale rimozione degli strati superficiali della precedente pitturazione.

Mancata o scarsa essiccazione

Può dipendere da un'applicazione eseguita in avverse condizioni atmosferiche (umidità eccessiva, basse temperature); dall'applicazione su superfici mal preparate (inquinanti non rimossi); da un eccessivo spessore depositato (lentezza di essiccazione) o, nel caso di prodotti catalizzati (vernici epossidiche o poliuretaniche), da una insufficiente o impropria miscelazione dei due componenti.

3.2 CONTROLLI DURANTE LA POSA

Le prestazioni di un sistema protettivo antincendio di tipo intumescente, dipendono dalle caratteristiche dei prodotti impiegati, dalle modalità e condizioni di applicazione, nonché dalle proprietà del sistema intumescente, ossia dalla misura dei parametri fisici che caratterizzano lo strato del sistema intumescente in esame (spessore e adesione), in funzione del grado di resistenza al fuoco richiesto per quel determinato elemento costruttivo da proteggere.

Per garantire le prestazioni contro il fuoco del rivestimento intumescente applicato occorre osservare scrupolosamente un insieme di regole "di corretta posa in opera", con particolare riferimento alle condizioni dei prodotti da applicare, alle modalità di posa degli stessi, alle condizioni ambientali (al momento della posa), allo stato del supporto, agli spessori dei vari strati da depositare, ai relativi tempi di essiccamento e alle caratteristiche dell'eventuale strato di finitura per il decoro o la protezione dello strato di prodotto intumescente in esame, se necessario.

Tali regole sono indicate nella Norma UNI 10898-1 "Sistemi protettivi antincendio. Modalità di controllo della posa in opera. Parte 1. Sistemi intumescenti", effettuando i controlli di conformità da attuarsi, prima, durante e dopo la posa in opera del sistema intumescente, attraverso le seguenti modalità.

Verifiche sui prodotti: la norma richiede di effettuare il controllo della corrispondenza fra i parametri identificativi dei prodotti costituenti il sistema intumescente in esame e quelli indicati nella specifica di progetto, relativa all'applicazione in questione; tale corrispondenza si può desumere, oltre che per la dichiarazione del posatore (che deve riportare l'identificazione precisa ed inequivocabile dei prodotti supportata da opportune evidenze), per lo specifico controllo sulla data di scadenza (validità) e sulla corrispondenza del colore e della densità (peso specifico) del prodotto.

Verifiche sui supporti: la norma richiede di attuare il controllo della corrispondenza fra condizioni fisi-

che del supporto da trattare e quelle riportate nella specifica di progetto. Nel caso in cui la specifica di progetto preveda l'applicazione su supporto grezzo, occorre verificare che siano stati rimossi in modo appropriato qualsiasi tipo di scoria affiorante (calamina, ruggine, funghi, muffe, ecc.) o di altri elementi estranei (oli, grassi, disarmanti, polvere, sali, ecc.) secondo metodi di comprovata efficacia.

Verifiche sulle condizioni e modalità di applicazione: sono necessari anche controllo della corrispondenza fra le condizioni ambientali e le modalità di applicazione dei prodotti, riscontrate durante la posa in opera del sistema intumescente in esame, e quelle contenute nella specifica di progetto. Si richiedono le seguenti verifiche: opportuni controlli delle condizioni atmosferiche durante l'applicazione dei prodotti costituenti il sistema intumescente in esame; verifica delle condizioni di diluizione dei vari prodotti; verifica degli spessori umidi e dei tempi di essiccazione dei vari strati di prodotto depositati.

Verifiche delle proprietà del sistema intumescente applicato: la norma, infine, come verifica essenziale delle prestazioni tecniche del sistema protettivo a base di rivestimento intumescente applicato, prevede il controllo della corrispondenza fra le proprietà del sistema intumescente applicato (spessore e adesione) e i corrispondenti valori nominali indicati nella specifica di progetto, secondo le procedure descritte nelle Appendici A e B della norma UNI 10898-1 di riferimento.

Lo spessore dello strato del sistema intumescente posato in opera è un fattore rilevante per assicurare le prestazioni al fuoco dell'elemento costruttivo trattato, pertanto, è necessario disporre di un adeguato criterio di controllo di tale proprietà del sistema.

La norma sul controllo della posa in opera indica la norma ISO 2808:1997 Prodotti vernicianti. Determinazione dello spessore della pellicola quale riferimento oggettivo in cui leggere i principi generali, le procedure di prova, i criteri di scelta e la metodologia di taratura dell'attrezzatura per determinare lo spessore del sistema intumescente in esame, devono essere conformi.

La norma sul controllo della posa in opera definisce anche le modalità di calcolo del numero di elementi da controllare e, in relazione al numero degli elementi da controllare e ai metri quadrati di superficie trattata (per ciascun elemento costruttivo considerato nella specifica di progetto), definisce anche i criteri di scelta dei punti in cui effettuare le rilevazioni di spessore richieste.

La norma fissa, infine, le condizioni di accettabilità delle misure effettuate e definisce le condizioni che occorre verificare per giudicare conforme il controllo dello spessore dello strato applicato.

In particolare, la norma richiede che siano verificate le seguenti due condizioni:

- che lo spessore risultante dalla media di tutte le rilevazioni, effettuate su ciascun elemento controllato, non deve essere inferiore al valore nominale dello spessore indicato nella specifica di progetto;
- che lo spessore rilevato su ogni singolo punto di misura non deve essere inferiore a 80% del valore nominale dello spessore definito nella specifica di progetto.

Come per lo spessore del sistema protettivo applicato, anche l'adesione dello strato del sistema intumescente posato in opera è un fattore rilevante per assicurare le prestazioni al fuoco dell'elemento costruttivo protetto, pertanto, anche in questo caso, è necessario disporre di un adeguato criterio di controllo di tale proprietà del sistema.

La norma UNI 10898-1 “Sistemi protettivi antincendio. Modalità di controllo della posa in opera. Parte 1. Sistemi intumescenti” individua nel criterio tecnico UNI EN 24624:1993 Prodotti vernicianti. Misura dell’adesione mediante prova a trazione il metodo di prova in cui si evidenziano i principi generali, le procedure di prova, i criteri di scelta e la metodologia di taratura dell’attrezzatura per determinare la conformità dell’adesione del sistema intumescente in esame.

Anche in questo caso (come per lo spessore) la norma sul controllo della posa in opera definisce le modalità di calcolo del numero di elementi da controllare e, in relazione al numero degli elementi da controllare e ai metri quadrati di superficie trattata (per ciascun elemento costruttivo considerato nella specifica di progetto), stabilisce i criteri di scelta dei punti in cui effettuare le misure di adesione richieste e le condizioni di accettabilità delle misure effettuate, definendo le seguenti condizioni da verificare per giudicare conformi i rilievi riscontrati:

- il valore di adesione risultante dalla media di tutte le rilevazioni, effettuate su ciascun elemento controllato, non deve essere inferiore al valore nominale di adesione indicato nella specifica di progetto;
- il valore di adesione rilevato su ogni singolo punto di misura non deve essere inferiore a 80% del valore nominale di adesione definito nella specifica di progetto.

Per una trattazione più dettagliata dell’argomento si rimanda alla lettura della norma in questione (disponibile su richiesta).

3.3 DIFETTI SUPERFICIALI DELLO STRATO ESSICCATO

I principali difetti superficiali che si possono riscontrare a seguito dell’applicazione di sistemi protettivi antincendio a base di rivestimento intumescente possono riguardare aspetti di carattere puramente estetico o aspetti legati ad incompatibilità chimica e/o fisica fra i vari prodotti vernicianti che compongono il ciclo applicato.

I primi riguardano specificatamente la qualità della superficie finale dello strato del ciclo di verniciatura applicato e, pur non pregiudicando le prestazioni tecniche del sistema protettivo impiegato (ovvero, di formazione e sviluppo della schiuma protettiva durante l’esposizione e, quindi, di resistenza al fuoco) possono comportare effetti negativi sull’estetica del prodotto posato in opera e, più in generale, del lavoro eseguito; pertanto, anche se, di regola, per tali applicazioni non è mai richiesto un grado di finitura particolarmente elevato, è necessario tenerne conto e, ove possibile, adoperarsi per eliminarli. Normalmente non si tratta mai di difetti molto gravi e, nella maggior parte dei casi, possono identificarsi in una (o più) delle seguenti problematiche.

Puntature: il fenomeno si presenta con piccoli fori di diverso diametro (detti anche punte di spillo) che possono interessare (in profondità) uno più strati applicati, fino a raggiungere il supporto; possono essere causati da una cattiva evaporazione dei solventi contenuti nei prodotti applicati (spesso troppo rapida e non sufficientemente sotto controllo) oppure da micro bolle d’aria presenti nei vari strati di pittura depositata. In entrambe i casi, la causa, è da ricercarsi nell’applicazione di strati umidi con spessori particolarmente elevati.

Sbollature: il fenomeno si presenta con bolle di diverso diametro, che sollevano il film dal supporto; sono causate dalla differente pressione osmotica tra supporto film e ambiente esterno. Spesso la causa è da ricercarsi nella scadente pulizia del supporto.

Screpolature: sono caratterizzate da rotture superficiali (o abbastanza profonde) degli strati di prodotto applicato; nei casi più gravi, peraltro molto rari, tali rotture possono penetrare fino al supporto e sono causate da tensioni interne, emergenti in fase di indurimento ed essiccazione del film, a seguito di sbalzi termici o altre cause non sempre facilmente identificabili.

I difetti dovuti ad incompatibilità chimica e/o fisica fra i vari prodotti vernicianti applicati rappresentano invece le anomalie più rilevanti, poiché potrebbero pregiudicare le prestazioni al fuoco del ciclo di verniciatura in esame, impedendo il corretto sviluppo della meringa protettiva durante l'esposizione al fuoco del rivestimento, in caso d'incendio.

Normalmente, però, tali anomalie si evidenziano attraverso controlli non conformi delle misure di adesione descritte al precedente punto 3.2 Controlli durante la posa e, pertanto, possono essere mantenuti sotto controllo e rimossi in caso di grave non conformità. Tali difetti normalmente si evidenziano con il manifestarsi di uno (o più) dei seguenti aspetti elencati.

Mancata adesione al supporto

Si manifesta a causa di una cattiva "bagnabilità" del supporto da parte del primo strato di verniciatura depositato. Generalmente il fenomeno è legato ad una vera e propria incompatibilità fisica (di creare "un legame") tra superficie del supporto e il legante del prodotto verniciante in esame. Le cause sono da ricercarsi in una errata preparazione del supporto da trattare o in una errata scelta del prodotto verniciante applicato.

Mancata adesione fra i vari strati del ciclo di verniciatura applicato

Si manifesta a causa di una cattiva "bagnabilità" fra gli strati successivi del ciclo di verniciatura applicato. Generalmente il fenomeno è riconducibile ad una incompatibilità chimica fra i vari prodotti che compongono il ciclo di verniciatura in questione e all'incapacità di "agganciare" uno strato sull'altro i vari componenti, attraverso stabili legami di natura chimica. Anche in questo caso, le cause possono essere ricercate nella scelta errata del ciclo verniciante applicato o in una cattiva preparazione dei prodotti in fase di applicazione (errata scelta dei diluenti, errata preparazione delle miscele e/o delle condizioni di diluizione).

Mancato indurimento del film di pittura

Si manifesta a causa di una cattiva evaporazione dei solventi contenuti nei prodotti vernicianti applicati (essiccamento fisico) o a causa di una incompleta reazione fra i leganti che costituiscono il prodotto verniciante in esame (indurimento chimico). In entrambe i casi si determina una parziale e incompleta polimerizzazione dello strato di pittura applicato, dovuto a differenti cause tra cui: condizioni ambientali sfavorevoli (temperatura troppo bassa, umidità relativa elevata, presenza di condensa, nebbia, ecc.); incompatibilità chimica fra gli strati successivi di prodotto applicato (rimozione di uno strato appena depositato a causa della presenza di solventi particolarmente aggressivi nello strato successivo di pittura depositato, oppure, errate condizioni di miscela fra diversi componenti del prodotto verniciante in questione).

CONFORMITÀ DEL SISTEMA PROTETTIVO APPLICATO

4.1 MISURE DI SPESSORE

Nell'ambito del raggiungimento dei requisiti di sicurezza richiesti, il rigore della posa in opera del sistema protettivo antincendio in esame può essere convenientemente orientato, imponendo all'installatore di conseguire spessori totali di rivestimento protettivo applicato avente valore maggiore o uguale, al valore nominale del sistema intumescente previsto per quella determinata applicazione.

Lo spessore del sistema protettivo applicato si determina secondo la procedura interna IDL 10.08 Determinazione dello spessore di un prodotto verniciante, attraverso misure di spessore della pellicola secca del rivestimento intumescente posato in opera e misurato secondo modalità specificate, una volta trascorso il tempo di essiccamento stabilito nella Scheda Tecnica dei prodotti di riferimento.

Il metodo è mutuato dalla norma ISO 2808 Prodotti vernicianti. Determinazione dello spessore del film secco e per la sua applicazione sono richieste le seguenti attrezzature:

- ✓ spessimetro ELCOMETER 456 F e/o 456 F

Per l'applicazione del metodo valgono le seguenti definizioni:

- **Area di misura:** la superficie del provino (ossia, la porzione del rivestimento in esame) sulla quale si intende misurare lo spessore secco della pellicola del prodotto verniciante applicato.
- **Punto di misura:** il punto (all'interno dell'area di misura) nel quale si effettua una lettura, per determinare lo spessore secco della pellicola del prodotto verniciante applicato.
- **Spessore film secco:** misura dello spessore dello strato secco di prodotto verniciante applicato, Lo spessore secco dello strato di un prodotto verniciante applicato è calcolato come media delle misure di spessore rilevate su un numero significativo di punti di misura, dopo il completo essiccamento del corrispondente strato umido di prodotto verniciante depositato.

Il procedimento comprende le seguenti fasi:

Accensione dello strumento: lo spessimetro ELCOMETER 345 F funziona inserendo nell'apposito scomparto due pile alcaline tipo ministilo e applicando sul fondo la sonda F, per materiali ferrosi, riconoscibile dall'estremità metallizzata. *Non accendere lo strumento senza aver prima inserito la sonda; non togliere la sonda quando lo strumento è acceso.* Lo strumento si accende premendo per il tasto "e" e si spegne automaticamente dopo un minuto di non utilizzo, oppure da tastiera, premendo per il tasto "e" per almeno quattro secondi: dopo due secondi si visualizza la scritta DEL (rilasciando il tasto "e" si cancella l'ultima lettura inserita); dopo quattro secondi si visualizza la scritta OFF (rilasciando il tasto "e" lo strumento si spegne definitivamente).

Lo strumento è automaticamente impostato per rilevare misure metriche; per passare da misure metri-

che (mm o mm) a misure imperiali (mils), dopo aver acceso lo spessimetro, premere in sequenza i tasti "e" e "+".

Per maggiori informazioni leggere il manuale operativo in dotazione allo strumento.

Calibrazione dello strumento: prima di rilevare una serie di misure occorre eseguire la calibrazione dello strumento (taratura). La taratura dello spessimetro è parte integrante della misura di spessore da effettuare. L'operazione di taratura consente di calibrare lo strumento sulla scala di misura del provino in esame, scegliendo la lamina di spessore più opportuno e rappresentativo delle serie di misure da effettuare, fra quelle in dotazione allo strumento di misura.

Azzeramento: accendere lo strumento e appoggiare la sonda sulla piastrina d'acciaio senza rivestimento, attendere la lettura e sollevare la sonda. Tenere premuto il tasto "0" per quattro secondi, visualizzare l'azzeramento. Lo strumento emette un BIP per indicare che l'istruzione è stata accettata.

Calibrazione: applicare la lamina di riferimento sulla piastrina d'acciaio, appoggiare la sonda ed effettuare la lettura. Per impostare lo spessore della lamina di riferimento, premere i tasti "+" o "-" per almeno quattro secondi. Dopo quattro secondi, sul video appare una C e il valore visualizzato inizia a cambiare. Lo strumento emette un BIP per indicare l'inizio della procedura di taratura. Quando, il visualizzatore indica il corretto valore dello spessore della lamina di riferimento, premere "e": il visualizzatore lampeggia, poi visualizza nuovamente il valore corretto e lo strumento emette un BIP per indicare l'accettazione della nuova taratura.

Misure dello spessore dello spessore secco: definire l'area del rivestimento su cui determinare lo spessore secco e, salvo diversa indicazione, scegliere almeno 10 punti di misura (all'interno dell'area considerata), nei quali effettuare la misura dello spessore. Appoggiare la sonda sul primo punto di misura ed effettuare la prima lettura; il visualizzatore lampeggia e poi indica lo spessore del rivestimento in esame; annotare il valore restituito dallo strumento. Spostare la sonda sul secondo punto di misura e ripetere lo stesso procedimento per tutti i successivi punti di misura individuati sullo strato di rivestimento in esame.

Errori: il visualizzatore potrebbe:

- non lampeggiare: significa che lo strumento non ha rilevato il contatto fra sonda e rivestimento da misurare, generalmente a causa di un eccessivo spessore del rivestimento (valore fuori dal campo previsto per lo strumento).
- restituire il messaggio "F - - e": significa che il valore supera leggermente il campo di lettura previsto, oppure che lo strumento è fuori taratura.

In tali casi occorre spostare la sonda dal punto di misura in esame e, eventualmente, calibrare lo strumento su una scala più alta.

Espressione dei risultati: leggere lo spessore su ciascuno dei punti individuati e annotare i valori delle letture effettuate. Riportare le misure riscontrate nell'apposita sezione "Misura dello Spessore" del Mod.10.08 Controllo della posa in opera di rivestimenti intumescenti e calcolare la media dei valori registrati, scartando dal calcolo il valore massimo e il valore minimo riscontrato, arrotondando (all'unità) per eccesso il risultato ottenuto.

I limiti di accettabilità sono generalmente definiti contrattualmente fra le parti, in funzione dello spessore totale del sistema intumescente in esame e della classe di resistenza al fuoco richiesta. Comunque, considerando la difficoltà di ottenere un'applicazione estremamente omogenea, da un materiale fortemente tissotropico e che può essere posato in opera con differenti metodi di applicazione (spruzzo o pennello), sono normalmente ritenute accettabili misure aventi tolleranza dell'ordine del 10 % (in difetto sul valore nominale dello spessore del ciclo di verniciatura applicato, depurato dello spessore relativo al fondo anticorrosivo e all'eventuale finitura applicata).

Funzioni statistiche: in alternativa, la maggior parte degli strumenti elettromagnetici consente di attivare la funzione statistica, attraverso la quale è possibile calcolare, in funzione del numero di letture effettuate, il valore medio calcolato, la deviazione standard, la lettura più alta e la più bassa rilevata all'interno dell'area di misura in esame .

Lo strumento qui descritto consente l'impostazione di cinque funzioni statistiche, che si possono visualizzare premendo e rilasciando il tasto "+" (si visualizza il primo valore) o "-" (si visualizza l'ultimo valore). Tenendo premuto i tasti per più di quattro secondi si attiva la procedura di taratura.

Le funzioni indicate hanno i seguenti simboli:

- (1) h numero di letture
- (2) c valore medio
- (3) s deviazione standard
- (4) H lettura più alta
- (5) L lettura più bassa

Per uscire premere il tasto "e"

Cancellazione dei dati statistici: accendere lo strumento e premere in sequenza i tasti "e" "-" "e". Lo strumento visualizza CL5 per indicare "cancella statistiche?". Premere "+" per cancellare le statistiche oppure "-" per uscire senza cancellare le impostazioni presenti.

4.2 MISURE DI ADESIONE

L'adesione del sistema protettivo rappresenta una misura del grado la compatibilità fra i vari strati di prodotti vernicianti che compongono il ciclo di verniciatura e il supporto al quale il ciclo è applicato e si determina secondo la procedura interna IDL 10.06: Determinazione della forza di adesione o coesione, attraverso misure della tensione minima necessaria per provocare lo strappo dello strato di verniciatura dal supporto (adesione) - o lo strappo all'interno dello strato del componente più debole (coesione) -

misurata in condizioni di esercizio specificate: natura del supporto, numero degli strati depositati, spessore umido e spessore secco dei vari strati applicati (rilevato dopo il tempo di essiccamento stabilito).

Il metodo è mutuato dalla norma ISO 4624-1978 "Misure di adesione. Metodo del PULL-OFF" e, per la sua applicazione, sono richieste le seguenti attrezzature:

- ✓ spessimetro a secco
- ✓ Adhesion Tester
- ✓ Testimoni in alluminio
- ✓ Adesivo standard

Per l'applicazione del metodo valgono le seguenti definizioni:

- **Spessore film umido:** misura dello spessore dello strato umido di prodotto verniciante applicato sul supporto di prova, successivamente controllata con l'impiego di un calibro a pettine.
- **Spessore film secco:** misura dello spessore dello strato secco di prodotto verniciante applicato, rilevata dopo il completo essiccamento del corrispondente strato umido di prodotto verniciante depositato.
- **Adesione del ciclo di verniciatura:** tensione minima necessaria per provocare lo strappo dell'intero ciclo di verniciatura dal supporto al quale è applicato, nelle condizioni di esercizio specificate (natura del supporto, numero degli strati depositati e spessore secco del ciclo di verniciatura applicato, rilevato dopo il tempo di essiccamento stabilito).
- **Coesione:** tensione minima necessaria per provocare lo strappo fra due strati componenti il ciclo di verniciatura in esame, nelle condizioni di esercizio specificate (natura del supporto, numero degli strati depositati e spessore secco del ciclo di verniciatura applicato, rilevato dopo il tempo di essiccamento stabilito).

Il procedimento deve essere eseguito dopo totale essiccamento della pellicola secondo i tempi e le condizioni previste dalla Scheda Tecnica del prodotto verniciante in esame o, in assenza di altri riferimenti, dopo almeno 72 ore dalla deposizione dell'ultimo strato di vernice depositato (in condizioni ambientali normali) e comprende le seguenti fasi seguenti.

Scelta dei punti in cui effettuare i rilievi: le misure di adesione/coesione devono essere eseguite in zone di misura rappresentative dell'applicazione del prodotto verniciante in esame.

Misura dello spessore del film secco: prima di effettuare il rilievo di adesione, controllare lo spessore secco della pellicola essiccata secondo IDL 10.08 Determinazione dello spessore di un prodotto verniciante e riportare il valore misurato nella seconda sezione del il Mod.10.08 Controllo della posa in opera di rivestimenti intumescenti.

Misura di adesione: fissare i testimoni in alluminio in dotazione all'apparecchiatura di prova, impie-

gando l'adesivo epossidico bicomponente nella minima quantità necessaria per fare aderire ciascun testimone al supporto verniciato in prova.

I testimoni devono essere equivalenti a quelli standard, in alluminio, forniti in dotazione allo strumento di prova (Adhesion Tester); l'adesivo deve essere fresco, di tipo epossidico bicomponente, con prestazioni equivalenti a quelle dell'adesivo ARALDITE, fornito in dotazione allo strumento di prova.

Applicare l'adesivo sulla superficie piana di ciascun testimone, miscelando i due componenti in proporzione 1:1 al momento dell'applicazione e farla aderire al supporto verniciato in esame.

Mantenere per 30 secondi il contatto fra le due superfici ed eliminare (con l'apposito coltello a cilindro, in dotazione allo strumento) l'eventuale eccesso di adesivo impiegato (quello che si trova al di fuori dell'area circolare di ciascun testimone applicato).

Attendere almeno 72 ore prima di eseguire le prove di strappo previste.

Trascorso il tempo di posa necessario, posizionare lo strumento sul supporto in esame e agganciare il primo testimone perpendicolarmente al supporto. Iniziare a ruotare la vite di tensione, mantenendo i piedini dello strumento perfettamente in piano, imprimendo un moto circolare uniforme, di forza costante, fino a determinare lo strappo del testimone agganciato. Registrare il valore della tensione applicata per strappare il testimone oggetto della misura e valutare quali strati (supporto / primer, primer / intumescente, intumescente / intumescente, intumescente / finitura) sono stati lacerati dallo strappo in questione. Annotare (vicino all'area di ciascun testimone strappato) il valore registrato sullo strumento; quindi, ripetere l'operazione su tutti gli altri testimoni applicati alla pellicola in esame.

Espressione dei risultati: riportare le misure riscontrate nell'apposita sezione "Misura di Adesione" del Mod.10.08 Controllo della posa in opera di rivestimenti intumescenti e calcolare la media delle letture effettuate. Annotare anche se lo strappo è avvenuto per perdita di adesione del ciclo di verniciatura al supporto in esame, o, per perdita di coesione fra uno strato e l'altro del ciclo di verniciatura in oggetto; in quest'ultimo caso indicare fra quali strati si è manifestata la perdita di coesione, secondo le definizioni riportate nella seguente tabella.

Valutazione dello strappo	Tensione applicata (kg/cm ²)	ADESIONE COESIONE
SUPPORTO / PRIMER	≤ 10 da 10 a 20 > 20	SCADENTE BUONA OTTIMA
PRIMER / INTUMESCENTE	≤ 10 da 10 a 20 > 20	SCADENTE BUONA OTTIMA
INTUMESCENTE / INTUMESCENTE	≤ 10 da 10 a 20 > 20	SCADENTE BUONA OTTIMA
INTUMESCENTE / FINITURA	≤ 10 da 10 a 20 > 20	SCADENTE BUONA OTTIMA



Le foto mostrano le varie fasi di misura di adesione utilizzando l'apparecchiatura del metodo di Pull-of

Allegato 1: PUNTO DI RUGIADA

Temp. aria °C	Punto di rugiada in funzione dell'umidità relativa e della temperatura dell'aria								
	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
0	-8,0	-7,0	-6,5	-5,5	-4,0	-3,5	-3,0	-2,0	-1,0
1	-7,0	-6,5	-5,0	-4,0	-3,5	-3,0	-2,0	-1,0	-0,5
2	-6,5	-5,0	-4,0	-3,5	-3,0	-2,0	-1,0	0,0	0,5
3	-5,5	-4,7	-3,7	-3,0	-2,0	-1,0	-0,5	0,5	1,5
4	-5,0	-4,5	-2,0	-2,0	-1,0	-0,6	0,5	1,5	2,0
5	-4,1	-2,9	-1,8	-0,9	0,0	0,9	1,8	2,7	3,6
6	-3,2	-2,1	-1,0	-0,1	0,9	1,8	2,8	3,7	4,5
7	-2,4	-1,3	-0,2	0,8	1,8	2,8	3,7	4,6	5,5
8	-1,6	-0,4	0,8	1,8	2,8	3,8	4,7	5,6	6,6
9	-0,8	0,4	1,7	2,7	3,8	4,7	5,7	6,6	7,5
10	-0,1	1,3	2,6	3,7	4,7	5,7	6,7	7,6	8,4
11	1,0	2,3	3,5	4,6	5,6	6,7	7,6	8,6	9,4
12	1,9	3,2	4,5	5,6	6,6	7,7	8,6	9,6	10,4
13	2,8	4,2	5,4	6,6	7,6	8,6	9,6	10,6	11,4
14	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4
15	4,7	6,1	7,3	8,5	9,5	10,6	11,5	12,5	13,4
16	5,6	7,0	8,3	9,5	10,5	11,6	12,5	13,5	14,4
17	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3
18	7,4	8,8	10,2	11,4	12,4	13,5	14,5	15,4	16,3
19	8,3	9,7	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3
20	9,3	10,7	12,0	13,3	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3
21	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3
22	11,1	12,5	13,8	15,2	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3
23	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,4	19,4	20,3	21,3
24	12,9	14,4	15,7	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3
25	13,8	15,3	16,7	17,9	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2
26	14,8	16,2	17,6	18,8	20,1	21,2	22,3	24,3	24,2
27	15,7	17,2	18,6	19,8	21,1	22,2	23,2	25,2	25,2
28	16,6	0,8	19,5	20,8	22,0	23,2	24,2	26,2	26,2
29	17,5	19,1	20,5	21,7	22,9	24,1	25,2	27,2	27,2
30	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	28,0	28,2
31	18,6	20,5	21,6	23,1	24,5	25,5	26,8	29,0	29,0
32	19,5	21,2	22,8	24,1	25,3	26,5	27,8	30,0	30,0
33	20,5	22,0	23,5	25,0	26,5	27,8	28,8	31,0	31,0
34	21,5	23,0	24,5	26,1	27,5	28,5	29,8	32,0	32,0
35	22,2	24,0	25,5	27,0	28,2	29,7	30,8	32,4	33,0
36	22,5	24,2	25,8	27,2	28,8	29,8	31,2	32,5	33,4
37	22,9	24,5	26,2	27,8	29,0	30,2	31,5	34,2	33,6
38	24,5	26,2	27,3	29,2	30,5	31,8	32,9	35,1	36,2
39	25,2	27,0	28,5	30,0	31,5	31,5	33,8	36,5	37,2
40	26,8	28,5	30,2	31,7	32,9	34,5	35,2	38,5	37,5
41	27,8	29,2	31,0	32,5	33,8	35,3	37,5	38,8	39,2
42	28,0	30,5	31,5	33,4	34,4	36,8	37,8	39,2	39,5
43	28,8	31,8	32,5	34,8	35,2	37,5	38,4	39,8	39,8
44	30,0	33,2	33,4	37,2	37,4	38,4	39,5	42,5	42,2
45	31,5	34,5	34,8	38,2	38,5	39,5	40,2	43,0	43,5

Allegato 2: COMPARAZIONE UGELLI DI SPRUZZO

Comparazione ugelli tra diversi produttori					
Ugello	Angolo	Atlas Copco	Binks	De Vilbis	Graco
0,007	40°	740	9-0740	JAC-46	163-407
0,009	40°	940	9-0940	JAC-25	163-409
0,009	65°			JAC-45	163-609
0,011	5°			JAC-50	
0,011	25°	1125	9-1130	JAC-26	163-211
0,011	40°	1140	9-1140	JAC-28	163-411
0,011	50°				163-511
0,011	65°	1165		JAC-37	163-611
0,013	15°			JAC-52	163-113
0,013	25°	1325	9-1330	JAC-27	163-213
0,013	50°	1350	9-1350	JAC-30	163-513
0,013	65°	1365		JAC-47	163-613
0,013	80°	1380		JAC-38	163-713
0,015	40°	1540	9-1540	JAC-29	163-415
0,015	65°	1565		JAC-30	163-615
0,015	80°	1580		JAC-40	163-715
0,018	65°	1865	9-1680	JAC-31	163-619
0,018	80°	1880		JAC-41	163-819
0,021	25°			JAC-53	163-221
0,021	50°			JAC-54	163-521
0,021	80°	2180	set-80	JAC-42	163-721
0,026	40°	2640		JAC-43	163-425
0,026	65°			JAC-55	163-625
0,026	95°	2695		JAC-44	163-925
0,036	40°	3640		JAC-36	163-435

Allegato 3: CONSUMI IN FUNZIONE DEGLI SPESSORI

Spessore del film secco e consumi espressi in Kg/m ² e litri/m ²		300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
100%	300	0,60	0,44	0,40	0,80	0,59	500	1,00	0,74	600	1,20	0,89	700	1,40	1,04	800	1,60	1,19	900	1,80	1,33	1000	2,00	1,48	1200	2,40	1,78	1400	2,80	2,07	1600	3,20	2,37	1800	3,60	2,67	2000	4,00	2,96	2200	4,40	3,26	2400	4,80	3,58	2600	5,20	3,85	2800	5,60	4,11	3000	6,00	4,37	3200	6,40	4,63	3400	6,80	4,89	3600	7,20	5,15	3800	7,60	5,41	4000	8,00	5,67	4200	8,40	5,93	4400	8,80	6,19	4600	9,20	6,45	4800	9,60	6,71	5000	10,00	6,97	5200	10,40	7,23	5400	10,80	7,49	5600	11,20	7,75	5800	11,60	8,01	6000	12,00	8,27	6200	12,40	8,53	6400	12,80	8,79	6600	13,20	9,05	6800	13,60	9,31	7000	14,00	9,57	7200	14,40	9,83	7400	14,80	10,09	7600	15,20	10,35	7800	15,60	10,61	8000	16,00	10,87	8200	16,40	11,13	8400	16,80	11,39	8600	17,20	11,65	8800	17,60	11,91	9000	18,00	12,17	9200	18,40	12,43	9400	18,80	12,69	9600	19,20	12,95	9800	19,60	13,21	10000	20,00	13,47	10200	20,40	13,73	10400	20,80	13,99	10600	21,20	14,25	10800	21,60	14,51	11000	22,00	14,77	11200	22,40	15,03	11400	22,80	15,29	11600	23,20	15,55	11800	23,60	15,81	12000	24,00	16,07	12200	24,40	16,33	12400	24,80	16,59	12600	25,20	16,85	12800	25,60	17,11	13000	26,00	17,37	13200	26,40	17,63	13400	26,80	17,89	13600	27,20	18,15	13800	27,60	18,41	14000	28,00	18,67	14200	28,40	18,93	14400	28,80	19,19	14600	29,20	19,45	14800	29,60	19,71	15000	30,00	19,97	15200	30,40	20,23	15400	30,80	20,49	15600	31,20	20,75	15800	31,60	21,01	16000	32,00	21,27	16200	32,40	21,53	16400	32,80	21,79	16600	33,20	22,05	16800	33,60	22,31	17000	34,00	22,57	17200	34,40	22,83	17400	34,80	23,09	17600	35,20	23,35	17800	35,60	23,61	18000	36,00	23,87	18200	36,40	24,13	18400	36,80	24,39	18600	37,20	24,65	18800	37,60	24,91	19000	38,00	25,17	19200	38,40	25,43	19400	38,80	25,69	19600	39,20	25,95	19800	39,60	26,21	20000	40,00	26,47	20200	40,40	26,73	20400	40,80	26,99	20600	41,20	27,25	20800	41,60	27,51	21000	42,00	27,77	21200	42,40	28,03	21400	42,80	28,29	21600	43,20	28,55	21800	43,60	28,81	22000	44,00	29,07	22200	44,40	29,33	22400	44,80	29,59	22600	45,20	29,85	22800	45,60	30,11	23000	46,00	30,37	23200	46,40	30,63	23400	46,80	30,89	23600	47,20	31,15	23800	47,60	31,41	24000	48,00	31,67	24200	48,40	31,93	24400	48,80	32,19	24600	49,20	32,45	24800	49,60	32,71	25000	50,00	32,97	25200	50,40	33,23	25400	50,80	33,49	25600	51,20	33,75	25800	51,60	34,01	26000	52,00	34,27	26200	52,40	34,53	26400	52,80	34,79	26600	53,20	35,05	26800	53,60	35,31	27000	54,00	35,57	27200	54,40	35,83	27400	54,80	36,09	27600	55,20	36,35	27800	55,60	36,61	28000	56,00	36,87	28200	56,40	37,13	28400	56,80	37,39	28600	57,20	37,65	28800	57,60	37,91	29000	58,00	38,17	29200	58,40	38,43	29400	58,80	38,69	29600	59,20	38,95	29800	59,60	39,21	30000	60,00	39,47	30200	60,40	39,73	30400	60,80	39,99	30600	61,20	40,25	30800	61,60	40,51	31000	62,00	40,77	31200	62,40	41,03	31400	62,80	41,29	31600	63,20	41,55	31800	63,60	41,81	32000	64,00	42,07	32200	64,40	42,33	32400	64,80	42,59	32600	65,20	42,85	32800	65,60	43,11	33000	66,00	43,37	33200	66,40	43,63	33400	66,80	43,89	33600	67,20	44,15	33800	67,60	44,41	34000	68,00	44,67	34200	68,40	44,93	34400	68,80	45,19	34600	69,20	45,45	34800	69,60	45,71	35000	70,00	45,97	35200	70,40	46,23	35400	70,80	46,49	35600	71,20	46,75	35800	71,60	47,01	36000	72,00	47,27	36200	72,40	47,53	36400	72,80	47,79	36600	73,20	48,05	36800	73,60	48,31	37000	74,00	48,57	37200	74,40	48,83	37400	74,80	49,09	37600	75,20	49,35	37800	75,60	49,61	38000	76,00	49,87	38200	76,40	50,13	38400	76,80	50,39	38600	77,20	50,65	38800	77,60	50,91	39000	78,00	51,17	39200	78,40	51,43	39400	78,80	51,69	39600	79,20	51,95	39800	79,60	52,21	40000	80,00	52,47	40200	80,40	52,73	40400	80,80	52,99	40600	81,20	53,25	40800	81,60	53,51	41000	82,00	53,77	41200	82,40	54,03	41400	82,80	54,29	41600	83,20	54,55	41800	83,60	54,81	42000	84,00	55,07	42200	84,40	55,33	42400	84,80	55,59	42600	85,20	55,85	42800	85,60	56,11	43000	86,00	56,37	43200	86,40	56,63	43400	86,80	56,89	43600	87,20	57,15	43800	87,60	57,41	44000	88,00	57,67	44200	88,40	57,93	44400	88,80	58,19	44600	89,20	58,45	44800	89,60	58,71	45000	90,00	58,97	45200	90,40	59,23	45400	90,80	59,49	45600	91,20	59,75	45800	91,60	60,01	46000	92,00	60,27	46200	92,40	60,53	46400	92,80	60,79	46600	93,20	61,05	46800	93,60	61,31	47000	94,00	61,57	47200	94,40	61,83	47400	94,80	62,09	47600	95,20	62,35	47800	95,60	62,61	48000	96,00	62,87	48200	96,40	63,13	48400	96,80	63,39	48600	97,20	63,65	48800	97,60	63,91	49000	98,00	64,17	49200	98,40	64,43	49400	98,80	64,69	49600	99,20	64,95	49800	99,60	65,21	50000	100,00	65,47	50200	100,40	65,73	50400	100,80	65,99	50600	101,20	66,25	50800	101,60	66,51	51000	102,00	66,77	51200	102,40	67,03	51400	102,80	67,29	51600	103,20	67,55	51800	103,60	67,81	52000	104,00	68,07	52200	104,40	68,33	52400	104,80	68,59	52600	105,20	68,85	52800	105,60	69,11	53000	106,00	69,37	53200	106,40	69,63	53400	106,80	69,89	53600	107,20	70,15	53800	107,60	70,41	54000	108,00	70,67	54200	108,40	70,93	54400	108,80	71,19	54600	109,20	71,45	54800	109,60	71,71	55000	110,00	71,97	55200	110,40	72,23	55400	110,80	72,49	55600	111,20	72,75	55800	111,60	73,01	56000	112,00	73,27	56200	112,40	73,53	56400	112,80	73,79	56600	113,20	74,05	56800	113,60	74,31	57000	114,00	74,57	57200	114,40	74,83	57400	114,80	75,09	57600	115,20	75,35	57800	115,60	75,61	58000	116,00	75,87	58200	116,40	76,13	58400	116,80	76,39	58600	117,20	76,65	58800	117,60	76,91	59000	118,00	77,17	59200	118,40	77,43	59400	118,80	77,69	59600	119,20	77,95	59800	119,60	78,21	60000	120,00	78,47	60200	120,40	78,73	60400	120,80	78,99	60600	121,20	79,25	60800	121,60	79,51	61000	122,00	79,77	61200	122,40	80,03	61400	122,80	80,29	61600	123,20	80,55	61800	123,60	80,81	62000	124,00	81,07	62200	124,40	81,33	62400	124,80	81,59	62600	125,20	81,85	62800	125,60	82,11	63000	126,00	82,37	63200	126,40	82,63	63400	126,80	82,89	63600	127,20	83,15	63800	127,60	83,41	64000	128,00	83,67	64200	128,40	83,93	64400	128,80	84,19	64600	129,20	84,45	64800	129,60	84,71	65000	130,00	84,97	65200	130,40	85,23	65400	130,80	85,49	65600	131,20	85,75	65800	131,60	86,01	66000	132,00	86,27	66200	132,40	86,53	66400	132,80	86,79	66600	133,20	87,05	66800	133,60	87,31	67000	134,00	87,57	67200	134,40	87,83	67400	134,80	88,09	67600	135,20	88,35	67800	135,60	88,61	68000	136,00	88,87	68200	136,40	89,13	68400	136,80	89,39	68600	137,20	89,65	68800	137,60	89,91	69000	138,00	90,17	69200	138,40	90,43	69400	138,80	90,69	69600	139,20	90,95	69800	139,60	91,21	70000	140,00	91,47	70200	140,40	91,73	70400	140,80	91,99	70600	141,20	92,25	70800	141,60	92,51	71000	142,00	92,77	71200	142,40	93,03	71400	142,80	93,29	71600	143,20	93,55	71800	143,60	93,81	72000	144,00	94,07	72200	144,40	94,33	72400	144,80	94,59	72600	145,20	94,85	72800	145,60	95,11	73000	146,00	95,37	73200	146,40	95,63	73400	146,80	95,89	73600	147,20	96,15	73800	147,60	96,41	74000	148,00	96,67	74200	148,40	96,93	74400	148,80	97,19	74600	149,20	97,45	74800	149,60	97,71	75000	150,00	97,97	75200	150,40	98,23	75400	150,80	98,49	75600	151,20	98,75	75800	151,60	99,01	76000	152,00	99,27	76200	152,40	99,53	76400	152,80	99,79	76600	153,20	100,05	76800	153,60	100,31	77000	154,00	100,57	77200	154,40	100,83	77400	154,80	101,09	77600	155,20	101

Allegato 4: TABELLE DI CONVERSIONE

Tavola di conversione spessori			
micron	mil	micron	mil
50	2,0	1300	52,0
100	4,0	1350	54,0
150	6,0	1400	56,0
200	8,0	1450	58,0
250	10,0	1500	60,0
300	12,0	1550	62,0
350	14,0	1600	64,0
400	16,0	1650	66,0
450	18,0	1700	68,0
500	20,0	1750	70,0
550	22,0	1800	72,0
600	24,0	1850	74,0
650	26,0	1900	76,0
700	28,0	1950	78,0
750	30,0	2000	80,0
800	32,0	2050	82,0
850	34,0	2100	84,0
900	36,0	2150	86,0
950	38,0	2200	88,0
1000	40,0	2250	90,0
1050	42,0	2300	92,0
1100	44,0	2350	94,0
1150	46,0	2400	96,0
1200	48,0	2450	98,0
1250	50,0	2500	100,0

5

DURABILITA' DEL SISTEMA PROTETTIVO APPLICATO

I rivestimenti intumescenti, oggi largamente diffusi per applicazioni in edilizia, vengono formulati con l'obiettivo prioritario di soddisfare le esigenze di protezione passiva dal fuoco richieste ai materiali da costruzione posti all'interno dei fabbricati, dove sia previsto un determinato requisito di prevenzione incendi..

5.1 COMPOSIZIONE, INGREDIENTI, FORMULAZIONI

La composizione tipica di un prodotto verniciante intumescente per edilizia, da impiegarsi per protezioni su acciaio, legno o muratura, contiene per sua natura alcuni vincoli formulativi da cui risulta difficile scostarsi: infatti, per garantire durante l'esposizione al fuoco del rivestimento, la formazione di un volume di schiuma sufficiente a soddisfare le prestazioni al fuoco richieste, è necessario introdurre nella ricetta del materiale il giusto peso di "ingredienti attivi", ottimizzando il rapporto fra sostanze altamente combustibili e sostanze reattive presenti nel formulato.

Questi prodotti vernicianti, infatti, a causa dell'elevato tenore di solidi e dell'esiguo tenore di leganti presenti nella formulazione, danno luogo a "film" secchi particolarmente spessi, molto porosi, piuttosto fragili e caratterizzati da scarsa resistenza alla piegatura e all'imbutitura; inoltre, se si considera che la densità dei prodotti vernicianti allo stato liquido può variare fra 1,2 e 1,5 kg/litro e che, per le classi di protezione dal fuoco più richieste, l'applicazione media comporta la deposizione di uno strato secco dello spessore di circa un millimetro, si intuiscono facilmente quali possano essere i limiti e le problematiche connesse con l'applicazione e la durabilità di questi rivestimenti.

Come si può facilmente immaginare, lo strato di rivestimento intumescente applicato, caratterizzato da un "film" così poco legato, fragile, poroso e ad alto spessore, costituisce sicuramente il punto debole del ciclo di verniciatura in esame. La spiccata "sensibilità" dimostrata, nei confronti di acqua, umidità o condensa (fattori ambientali in genere), o in presenza di agenti chimici (acidi o basi deboli o altri elementi aggressivi), è dovuta principalmente alla particolare natura del rivestimento, costituito prevalentemente da sostanze organiche aventi parecchi gruppi funzionali liberi e, quindi, da sostanze potenzialmente molto "reattive", la cui funzionalità (a volte molto difficile da controllare), se messa alla prova, può causare gravi danni, anche irreversibili, al film di pittura applicato, e tradursi in definitiva nella riduzione delle caratteristiche di intumescenza del prodotto applicato (quando esposto alla fiamma), con conseguente calo dell'efficacia delle prestazioni al fuoco del rivestimento posato, fino alla perdita delle caratteristiche di resistenza al fuoco originali.

Fortunatamente, però, la maggior parte delle richieste di protezione di materiali da costruzione per edilizia, presuppongono l'impiego all'interno degli edifici e, anche in quelle sporadiche situazioni particolari, ove sia espressamente richiesta la protezione di strutture poste all'esterno, di fatto, accade raramente che i rivestimenti applicati permangano per lunghi periodi di esposizione all'azione continuata degli aggressivi atmosferici (pioggia, nebbia, umidità, sole, ecc.).

Il requisito di prevenzione incendi solo eccezionalmente riguarda la parte esterna di un edificio; in questi casi, inoltre, la protezione di elementi strutturali è prevista solo occasionalmente; pertanto, l'impiego delle vernici intumescenti sarà limitato a pochissime applicazioni di specifico interesse. Nei casi in cui tali protezioni siano effettivamente richieste, di solito per incrementare la resistenza al fuoco di particolari elementi strutturali (come pilastri, speciali travature, elementi in legno di sostegno alla copertura, ecc.) posti all'esterno dell'edificio, si dovrà necessariamente provvedere ad una efficace protezione dello strato di rivestimento intumescente da mettere in opera.

5.2 PROTEZIONE DEI RIVESTIMENTI INTUMESCENTI

L'esperienza ha dimostrato come l'applicazione di uno strato adeguato di finitura protettiva, capace di sigillare completamente il sottostante strato di intumescente, risponda egregiamente allo scopo: il meccanismo di formazione della schiuma isolante, infatti, non può variare se rimangono invariate le proporzioni dei vari componenti attivi presenti nello strato originale del prodotto applicato e se non viene alterato (ovvero ridotto) lo spessore del film secco applicato. Lo strato di finitura prescelto, si dimostrerà funzionale allo scopo se sarà in grado di impedire:

1. il contatto e l'esposizione diretta del "film" all'azione dell'acqua (umidità o condensa), che penetrando attraverso lo strato poroso consentirebbe il facile dilavamento delle frazioni idrosolubili dei componenti attivi presenti nella formulazione originale, producendo (col tempo) sensibili variazioni nella composizione chimica del materiale applicato;
2. il contatto diretto fra aggressivi chimici o particolari aggressivi di tipo ambientale (fumi, nebbie, smog, ecc.) e le polveri contenute nel materiale intumescente applicato, le quali, essendo caratterizzate da una spiccata reattività chimica (richiesta per favorire la rapida formazione della schiuma isolante in caso di fuoco), potrebbero comportare la riduzione delle concentrazioni di alcuni componenti (cioè la variazione fra le proporzioni dei vari ingredienti attivi), modificando sensibilmente il comportamento al fuoco dello strato di rivestimento applicato;
3. forti sollecitazioni dirette, di tipo meccanico, che potrebbero comportare danneggiamenti irreversibili dello strato di rivestimento intumescente applicato: come forti tensioni o compressioni (fino a provocare rottura dello strato applicato) oppure urti, graffi o continuata abrasione (fino a portare a un calo ponderale dello spessore applicato), che si tradurrebbero in definitiva in una riduzione dell'efficacia delle prestazioni al fuoco del materiale.

Naturalmente, la scelta della finitura va effettuata in base al tipo di atmosfera a cui dovrà essere sottoposto l'intero ciclo. Non esiste praticamente alcuna preclusione di scelta della finitura, che possa pregiudicare il comportamento al fuoco del materiale, in quanto, le temperature a cui sarà sottoposto il ciclo di verniciatura durante l'incendio, saranno così elevate da decomporre istantaneamente, o quasi, qualsiasi tipo di pellicola superficiale lasciando, comunque, le condizioni ottimali per lo sviluppo della schiuma protettiva. L'unico vero limite è costituito dallo spessore della mano a finire: non si consiglia di usare una finitura ad alto spessore che, in caso di fuoco, potrebbe impedire fisicamente la pronta espansione del rivestimento sottostante.

Teoricamente le finiture basate su polimeri termoplastici offrono l'evidente vantaggio di fondere, senza carbonizzare in superficie, quando esposte alle temperature tipiche di un incendio, determinando le

migliori condizioni per la reazione dell'intumescente; tuttavia, è stato dimostrato sperimentalmente, con collaudi al fuoco, che anche le finiture basate su polimeri termoindurenti rispondono con ottimi risultati.

Questo risultato riveste particolare importanza per le applicazioni all'esterno, dove la ricerca di soluzioni tecniche più avanzate potrebbe suggerire l'impiego di finiture sofisticate, particolarmente resistenti, basate su polimeri epossidici o poliuretani già ampiamente collaudate per sopportare pesanti condizioni atmosferiche.

Dopo aver raccolto un numero significativo di osservazioni pratiche su innumerevoli cicli di verniciatura in applicazioni per edilizia, e, dopo aver accumulato numerose esperienze con prove al fuoco su provini invecchiati in differenti condizioni reali di esercizio, sono state identificate i seguenti elementi, che condizionano la vita e la durabilità delle vernici intumescenti, che qui sono riassunti nei punti fondamentali.

1. Accertarsi che l'applicazione del prodotto avvenga in condizioni ambientali favorevoli ed impedire il contatto del "film" appena applicato con pioggia, nebbia o umidità elevata.
2. Procedere immediatamente al tamponamento esterno delle strutture, così da ridurre al minimo l'esposizione diretta dello strato di intumescente appena applicato con l'azione di eventuali agenti atmosferici.
3. Nel caso di applicazioni all'interno impiegare, comunque, un adeguato strato di finitura (a protezione del rivestimento intumescente applicato) se si prevede la presenza continua di condensa o di elevata umidità relativa; l'uso di una finitura specifica è consigliata anche all'interno di ambienti soggetti a particolari aggressioni chimiche o fisiche, dovute a particolari tipi di attività lavorative.
4. Nel caso di applicazioni all'esterno, ricercare ed applicare un opportuno strato di finitura protettiva. Anzi, in queste situazioni, è indispensabile tenere sotto controllo lo stato della finitura e, nel caso di riscontrati difetti, occorre intervenire tempestivamente per ripristinare la protezione danneggiata; la finitura deve sempre mantenersi integra e perfettamente efficiente, per difendere adeguatamente lo strato di vernice intumescente sottostante.

5.3 DURATA DEI CICLI DI VERNICIATURA APPLICATI

Sulla base delle esperienze accumulate, in più di trent'anni di attività in questo settore, sono state fatte delle stime approssimative della vita media dei rivestimenti intumescenti posti in opera.

In base all'esperienza, si è potuto calcolare in 15-20 anni di vita, il periodo medio di esercizio di un ciclo di verniciatura a base di rivestimento intumescente, applicato all'interno di un edificio non soggetto a particolari aggressioni chimiche o ambientali; mentre si è valutato in 5-8 anni di vita operativa, il periodo di stabilità di esercizio di un ciclo di verniciatura applicato all'esterno, a patto che sia stata correttamente prevista un'adeguata protezione superficiale del rivestimento intumescente posato e che lo strato di vernice di finitura applicata venga costantemente mantenuta sotto controllo e sempre in efficienza.

Non sono stati mai codificati metodi significativi atti a verificare l'efficacia al fuoco di rivestimenti intumescenti, dopo che abbiano subito processi di invecchiamento. Numerosi studi e proposte in merito, pur raccogliendo l'interesse specifico di diversi settori dell'industria, si sono duramente arrestati davanti alle difficoltà e ai costi per affrontare prove di affidabile contenuto tecnico, impedendo l'approdo ad una convincente procedura di collaudo.

In passato, il criterio tecnico di valutazione più accreditato, consisteva nell'espore i provini trattati ad un "test", detto della piccola fiamma, allo scopo di ricontrollare la capacità di espansione del rivestimento e la corretta formazione della schiuma, dopo che i provini in esame erano stati opportunamente sottoposti a metodi di invecchiamento accelerato, tipici dei prodotti vernicianti. I limiti del metodo sono connessi alle dimensioni ridotte dei campioni in esame (obbligate dagli strumenti di analisi utilizzati nei collaudi di invecchiamento accelerato), dalla necessità di impiegare provini con geometria piana (non rappresentativa degli elementi strutturali in opera) e dal metodo stesso della piccola fiamma, che non si ritiene tecnicamente accettabile per valutare complessivamente il comportamento al fuoco dei materiali.

Attualmente, invece, per superare la richiesta dei Committenti, si ricorre a prove "ad hoc" prelevando, dove possibile, campioni invecchiati naturalmente direttamente dalle strutture in opera, per poi esporli al fuoco secondo i programmi termici prestabiliti. Il grosso limite di questo tipo di indagine risiede principalmente nell'applicazione di un metodo distruttivo che, necessariamente, comporta il prelievo dall'edificio finito di campioni con notevoli dimensioni.

La mancanza di metodi di valutazione sulla durabilità dei materiali protettivi in opera, si inserisce in un quadro generale di carenza normativa del settore antincendio; anche se nel nostro Paese tale carenza può sembrare endemica, la situazione non è migliore negli altri paesi europei dove, al momento, non esiste alcuna teoria convincente su questi argomenti; nemmeno nell'ambito del CEN TC 127, la Commissione incaricata dall'Unione Europea ad occuparsi dello studio della normativa inerente la sicurezza degli edifici in caso di incendio, si è affrontato seriamente questo argomento.

L'unica norma accreditata, presente in ambito europeo, fu studiata e voluta, all'inizio degli anni novanta, da un gruppo di produttori inglesi, che la elaborarono di concerto con le associazioni nazionali di settore, coadiuvati da un rinomato centro studi inglese per la ricerca contro il fuoco (Fire Station Research) e dallo stesso Comitato di Normativa Britannica (British Standard).

La norma, BS 8202, che costituisce l'unico punto di riferimento attualmente disponibile sull'argomento durabilità dei rivestimenti intumescenti, nella Parte 2 definisce un codice di pratica industriale per il corretto impiego di sistemi protettivi antincendio a base di rivestimenti intumescenti; nel Capitolo 7, introduce i requisiti di accettabilità per la determinare la durata in opera dei rivestimenti protettivi e nell'Appendice A descrive le procedure di prova, per la verifica delle prestazioni dei rivestimenti protettivi in esame e riferisce le specifiche tecniche a cui sottoporre i materiali, per comprovarne la conformità e l'efficacia in relazione alle differenti condizioni di esercizio ambientale.

La nozione generale di durabilità, espressa da questa normativa, si basa sul concetto di mantenimento della resistenza al fuoco entro limiti prefissati, considerati accettabili: la durabilità di un determinato rivestimento intumescente sarà considerata soddisfacente se, a seguito di un programma di prove stabilito, teso a simulare il tipo di atmosfera a cui dovrà essere sottoposto nella realtà il materiale, il rivestimento in esame non mostrerà un decadimento delle prestazioni di resistenza al fuoco (osservato attraverso uno dei metodi sperimentali di esposizione al fuoco previsti) superiore al 25% della resistenza al fuoco osservata su un equivalente campione di riferimento.

La norma raccomanda che fabbricante ed utilizzatore si accordino su un piano di prove, funzionale al tipo di impiego previsto per il materiale in oggetto. A tale proposito, la norma fornisce una tabella, che illustra i criteri consigliati per simulare al meglio l'esposizione reale a cui il rivestimento dovrebbe essere in pratica sottoposto e, specifica, il numero di cicli a cui assoggettare i provini per ottenere il giusto riscontro, in base al tipo di esposizione e all'atmosfera prevista (esterno, parzialmente in esterno, parzialmente esposto perché in fase di costruzione, interno).

Per completezza di analisi, infine, la norma suggerisce di eseguire sui materiali alcune verifiche supplementari, applicando un programma di prove aggiuntive, quando i prodotti installati dovessero venire eventualmente sottoposti a condizioni di esercizio particolari.

Il metodo appena descritto, come si è potuto constatare dalla breve descrizione, oltre ad essere forse l'unico criterio sistematico di indagine, in grado di inquadrare l'efficacia della protezione offerta dai rivestimenti intumescenti dopo un periodo di invecchiamento, secondo differenti scenari d'esercizio, presenta anche l'opportunità di studiarne tutti gli aspetti fondamentali selezionando un programma di prove ricco e convincente.

Il rovescio della medaglia è da ricercare nei lunghi tempi di esecuzione e nel notevole esborso economico richiesto per la realizzazione dei vari collaudi previsti da ciascun programma di prove. L'applicazione del metodo, infatti, obbliga alla preparazione di un gran numero di provini, per di più caratterizzati da consistenti ingombri e dimensioni.

La norma, infatti, raccomanda di allestire le prove in esame, impiegando provini aventi una forma significativa per la successiva analisi del comportamento al fuoco dei materiali invecchiati; per non incorrere nell'approssimazione propria dei metodi che traggono i risultati dall'esperienza ottenuta su piccoli provini piani, questa norma obbliga l'utente a predisporre (per ciascun dei metodi di prova definiti) particolari elementi costruttivi, aventi le tipiche geometrie richieste per i normali collaudi di esposizione al fuoco. Ad esempio, nel caso di supporti in acciaio, la norma richiede l'impiego di grossi profili a H (con lunghezza di almeno 500 mm e con sezioni minime da 152 x 152 mm) caratterizzati da un peso di almeno 37 kg per metro di struttura. Naturalmente, visto il considerevole numero di azioni riferite a ciascun programma di collaudi, appare subito evidente l'oneroso impegno richiesto per la preparazione dei suddetti campioni; ma, soprattutto, il metodo può risultare particolarmente pesante da realizzare, se si considera l'estrema difficoltà insita nell'allestimento dei necessari ambienti di prova, le cui dimensioni devono essere tali da consentire l'accesso di provini così ingombranti.

Concludendo vorremo citare, a titolo informativo, l'esperienza acquisita con una applicazione di vernice intumescente PROTHERM STEEL applicata, su strutture metalliche all'interno di un grande magazzino, nel 1974.

Nel 2002 ,dopo 28 anni, in occasione del rinnovo del Cetificato Prevenzione Incendi , il locale Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco, ha richiesto che si verificasse l'aderenza al supporto, lo stato generale della vernice e che il processo di intumescenza fosse ancora efficiente.

Si è proceduto ad isolare un elemento (pilastro) e, dopo aver messo in sicurezza la zona, lo si è sottoposto in alcuni punti a fiamma diretta da gas di propano (1000°C).

Pur non essendo la zona chiaramente estesa, per ovvi motivi, il prodotto applicato dopo 28 anni ha reagito perfettamente con volume e qualità coibente della schiuma carboniosa nella norma.

5.4 ALCUNI ESEMPI DI CICLI PROTETTIVI CON VERNICI INTUMESCENTI COMPRESIVI DI FONDO E FINITURA

Le tabelle che seguono riportano dei cicli protettivi intumescenti comprensivi dei fondi e delle finiture, formulati in funzione della loro esposizione agli agenti chimico / fisici.

Il consumo del PROTHERM STEEL / PROTHERM AQUAVIS è in funzione della classe di resistenza al fuoco richiesta e del rapporto S/V dell'elemento da proteggere.

Impiego	Ciclo	Prodotti da usare	Preparazione del supporto (Svensk Standard SIS)	Spessore consigliato in micron	Consumo previsto allo spessore consigliato gr/m ²
Atmosfera rurale ed urbana. Interno capannoni senza particolari aggressioni	1	Fondo zincante epossidico bicomponente PROTHERM STEEL Smalto alchilico brillante	St3	30 + 30	160 + 140
	2	Fondo clorocaucciù modificato PROTHERM STEEL Smalto alchilico brillante	St3	60 + 30	300 + 140
Atmosfera rurale urbana e marina	1	Fondo alchilico momocomponente PROTHERM STEEL Smalto alchilico brillante	St3	30 + 30	160 + 140
	2	Fondo clorocaucciù modificato PROTHERM STEEL Smalto alchilico brillante	St3	60 + 30	300 + 140
	3	Fondo zincante epossidico bicomponente PROTHERM STEEL Smalto poliuretano	St2	30 + 30	250 + 140
	4	Fondo zincante epossidico bicomponente PROTHERM STEEL Finitura epossivinilica	St2	30 + 90	250 + 300
Atmosfera marina a debole aggressione chimica	1	Fondo alchilico monocomponente PROTHERM STEEL Smalto clorocaucciù alchidico	St3	30 + 25	160 + 140
	2	Fondo clorocaucciù modificato PROTHERM STEEL Smalto clorocaucciù alchidico	St3	60 + 25	300 + 140
	3	Fondo zincante epossidico bicomponente PROTHERM STEEL Smalto poliuretano	St2	30 + 30	250 + 140
	4	Fondo zincante epossidico bicomponente PROTHERM STEEL Finitura epossivinilica bicomponente	St2	30 + 90	250 + 300
Atmosfera marina aggressione chimica media	1	Fondo zincante epossidico bicomponente PROTHERM STEEL Smalto poliuretano	St2	30 + 30	250 + 140
	2	Fondo epossidico bicomponente PROTHERM STEEL Finitura epossivinilica bicomponente	St2	30 + 80	140 + 300
	3	Fondo zincante epossidico bicomponente PROTHERM STEEL Finitura epossivinilica bicomponente	St2	30 + 90	250 + 300
Atmosfera marina aggressione chimica forte	1	Fondo zincante epossidico bicomponente PROTHERM STEEL Smalto poliuretano elastomerico	St2	30 + 40	250 + 200
	2	Fondo zincante epossidico bicomponente PROTHERM STEEL Finitura epossivinilica	St2	30 + 90	250 + 300
Atmosfera marina aggressione chimica molto forte	1	Zincante inorganico a solvente Pittura epossivinilica bicomponente PROTHERM STEEL Finitura epossivinilica bicomponente	St2½	75 90 + 90	600 300 + 300
	2	Zincante inorganico a solvente Pittura epossivinilica bicomponente PROTHERM STEEL Smalto isocianico	St2½	75 90 + 30	600 300 + 140

AZIENDA CON SISTEMA QUALITÀ
CERTIFICATO DA DNV
=UNI EN ISO 9001/2000=

AZIENDA CON SISTEMA
DI GESTIONE AMBIENTALE
CERTIFICATO DA DNV
=UNI EN ISO 14001=

ITALVIS PROTECT S.r.l.

Via Zibido, 3 - 20080 Zibido San Giacomo (MI)

Tel. +39 02 905944 - Fax +39 02 90005058/90005733

www.protect.it - protect@protect.it