# Durable fire and corrosion protection of steel bridges

# Protezione durevole dagli incendi e dalla corrosione dei ponti d'acciaio

**Joachim Pflugfelder – SHERWIN-WILLIAMS**

Bridges have been part of our infrastructure and of cultural importance for centuries, and they will continue to be important for a mobile society in the future. However, with an average life of 100 years, bridges require considerable investment - not only in construction, but also in their life cycle costs. The latter usually exceeds the cost for the original construction of the structure by a factor of one and a half.

The life cycle cost of bridges also includes the maintenance of the coating systems that protect the steel from external influences. For economic reasons, it is advisable to use technologically high-performance systems for this, in order to ensure long-term functionality. This applies particularly to steel bridges, as compared to concrete as a construction material, the lighter steel can be used to build slender bridges that can span larger distances. Corrosion protection of steel bridges has been used for decades to ensure durability and for economic efficiency, and this technology has been continuously developed based on the experience gained. Fire protection coating systems, on the other hand, are not usually required for steel bridges. However, due to the design, or possible fire hazards in the immediate vicinity, some of these structures also need to be protected against in addition to corrosion protection. Coating systems that provide corrosion protection and at the same time protect the

*I ponti sono parte integrante delle nostre infrastrutture e rivestono una grande importanza culturale oltre a continuare ad essere essenziali per la mobilità della società del futuro. Tuttavia, con una durata utile media di 100 anni, i ponti richiedono notevoli investimenti, non solo per la costruzione, ma anche per i costi del loro ciclo di vita. Questi ultimi superano solitamente i costi della costruzione originale delle strutture di almeno una volta e mezzo.*

*I costi del ciclo di vita dei ponti includono anche la manutenzione dei sistemi di rivestimento che proteggono l'acciaio dall'influsso esercitato da fattori esterni. Per ragioni economiche, è consigliabile l'utilizzo di sistemi che offrano alte prestazioni tecnologiche, al fine di garantire la funzionalità a lungo termine. Ciò si riferisce in particolare ai ponti d'acciaio rispetto a quelli costruiti con il calcestruzzo come materiali da costruzione; l'acciaio più leggero può essere utilizzato per la costruzione di ponti più aerodinamici che possono coprire distanze superiori.*

*La protezione dal processo corrosivo dei ponti d'acciaio è attuata da decenni per garantire la durabilità e l'efficacia economica, e questa tecnologia viene aggiornata costantemente in base all'esperienza acquisita. I sistemi di rivestimento antifiamma, d'altronde, non vengono richiesti solitamente per ponti d'acciaio. Tuttavia, per la loro struttura o per i possibili rischi di incendio nelle vicinanze, alcune di queste strutture devono essere protette ulteriormente*

steel from rapid heating in the event of a fire, are an economical solution. This saves valuable time until the critical temperature is reached and the load-bearing capacity is lost.

These innovative 2-component epoxy systems have been tested in accordance with the current standards, have been tried and tested in practice for over ten years, and are state of the art. They are thus a technologically advanced and economical method of maintaining the functionality of steel bridges safely, and in the long term. The requirements for fire protection and corrosion protection of steel components for bridge construction are increasing and covered by different standards and specifications.

**Fig. 1 The service life of steel bridges is estimated at 100 years. Innovative 2-component epoxy coating systems enable economical and long-term protection of these structures. The 2-component epoxy fire protection coatings, only a few millimetres thick, preserve the filigree structures of steel bridges in case of fire. Due to their insignificant weight, intumescent coatings have no influence on structural calculations. Image source by Sherwin-Williams Protective & Marine**

***La vita utile dei ponti d'acciaio è stimata pari a 100 anni. I sistemi di rivestimento epossidici bicomponenti innovativi offrono una protezione a lungo termine ed economica di queste strutture. I rivestimenti antifiamma epossidici bicomponenti, con uno spessore di soltanto pochi millimetri, preservano le strutture in filigrana dei ponti d'acciaio in caso di incendio. Grazie al loro peso estremamente ridotto, i rivestimenti intumescenti non influiscono sui calcoli strutturali. Immagine: Sherwin-Williams Protective & Marine***

Joachim Pflugfelder, Project Development Manager of Sherwin-Williams says: "Steel is susceptible to corrosion and loses its load-bearing capacity in the event of a fire at a critical temperature of approx. 500°C".

Fire protection coatings for steel structures are systems that react chemically when exposed to temperature in the event of a fire and can protect steel components from failure for a specified period of time. In a fire, unprotected steel structures deform when exposed to temperatures of approx. 500°C, thus losing their load-bearing capacity and collapsing. Unprotected steel components reach this critical temperature after only about five to ten minutes, depending on their profile and wall thickness.

Reactive fire protection coatings are tested to DIN EN 13381-8 and classified according to DIN EN 13501-2 in the fire resistance classes R15 to R180. According to the Guideline for European Technical Approvals for Fire Protection Products ETAG 018-2, and the Export Accompanying Document (EAD), the use of fire protection coating systems can be confirmed via a European Technical Assessment, the so-called ETA assessment.

In addition to this approval document (ETA), in Germany the General Construction Type Approval of the German Institute for Construction Technology (DIBt) regulates the applicability of this construction type in terms of the state building regulations.

*dalla corrosione. I sistemi di rivestimento anti corrosione che proteggono nello stesso tempo l'acciaio dal rapido surriscaldamento nel caso di un incendio, rappresentano una soluzione adeguata, dal punto di vista economico. In questo modo si risparmia tempo prezioso prima di raggiungere la temperatura critica e prima che si perda la capacità di carico. Questi sistemi epossidici innovativi bicomponenti vengono testati in base alle normative attuali, collaudati e verificati sul campo da più di dieci anni e rappresentano lo stato dell'arte. Costituiscono quindi un metodo tecnologicamente avanzato ed economico di manutenzione della funzionalità e della sicurezza dei ponti d'acciaio, a lungo termine. I requisiti della protezione antincendio e dalla corrosione dei componenti d'acciaio nella costruzione dei ponti sono sempre più numerosi e basati su differenti normative e specifiche. Joachim Pflugfelder, Project Development Manager di Sherwin-Williams ha affermato nel suo discorso: "L'acciaio è soggetto al fenomeno della corrosione e perde la capacità di carico in caso di incendio ad una temperatura critica di circa 500°C".*

*I rivestimenti antifiamma per le strutture d'acciaio sono sistemi che reagiscono chimicamente quando sono esposti ad alte temperature in caso di incendio e possono proteggere i componenti d'acciaio dalla degradazione per un periodo di tempo specifico. In caso di incendio, le strutture*

Currently, all system manufacturers test their reactive fire protection coating systems according to DIN EN 13381-8, so that their application is based on a European Technical Assessment (ETA) and a General Construction Type Approval (AbG). Depending on the critical steel temperature, between 350°C to 750°C, the profile shape, and the U/A value, the ETA regulates, among other things, the film thickness required to achieve the designated fire resistance duration of up to 180 minutes.

**Fig. 2 Image source by Sherwin-Williams Protective & Marine**
***Immagine di Sherwin-Williams Protective & Marine***

## ABOVE AND BEYOND THE REQUIRED SERVICE LIFE

The period of ten years for fire protection defined so far in an ETA is based on an assumed service life for the intended use of ten years, and is a theoretical value set by the Commission which has nothing to do with the actual service life and durability of intumescent coatings. This period should be understood to be more as a revision period, after which the fire protection coating must be checked for damage and defects. However, the periods described in the ETAs are changing. Currently, there are ETAs with service lives of more than 25 years, whereby a distinction must be made as to whether the approval of the coating was granted for interior or exterior use.

## LONG TERM CORROSION PROTECTION

For corrosion protection, longer and longer protection periods are becoming required, e.g. in the current DIN EN ISO 12944 standard, this is more than 25 years for

*d'acciaio non protette si deformano quando sono esposte a temperature pari a circa 500°C, perdendo la capacità di carico con il conseguente collasso. I componenti d'acciaio non protetti raggiungono questa temperatura critica soltanto dopo cinque o dieci minuti, in base al loro profilo e allo spessore delle pareti.*

*I rivestimenti antifiamma reattivi sono testati in base a DIN EN 13381-8 e vengono classificati in base a DIN EN 13501-2 nella categoria della resistenza alla fiamma da R15 a R180. Secondo le Linee guida per l'Approvazione Tecnica Europea riferita ai Prodotti antifiamma ETAG 018-2 e il Documento di Accompagnamento Export (EAD), l'utilizzo dei sistemi di rivestimento antifiamma può essere confermato mediante la Valutazione Tecnica Europea, la cosiddetta valutazione ETA. Oltre a questo documento di autorizzazione (ETA), in Germania l'Autorizzazione Generale della Tipologia di Costruzione dell'Institute for Construction Technology (DIBt) regola l'applicabilità di questa tipologia di costruzione, in termini di regolamentazione della struttura edile.*

*Allo stato attuale, tutti i produttori di sistemi testano i loro sistemi di rivestimento antifiamma reattivi in base a DIN EN 13381-8, in modo che l'applicazione sia conforme alla Valutazione Tecnica Europea (ETA) e all'Autorizzazione Generale della Tipologia di Costruzione (AbG). In base alla temperatura critica dell'acciaio, che si aggira sui 350° C di 750° C, alla geometria del profilo e al valore U/A, ETA regola, fra l'altro, lo spessore del film richiesto per ottenere la resistenza alla fiamma prevista, con una durata superiore ai 180 minuti.*

## AL DI SOPRA E OLTRE LA DURATA UTILE RICHIESTA

*La durata di dieci anni della protezione antifiamma che è stata definita fino a questo momento in ETA si basa su una durata utile per un utilizzo dato pari a dieci anni e si tratta di un valore teorico stabilito dalla Commissione, del tutto differente dalla vita utile effettiva e dalla durabilità dei rivestimenti intumescenti. Questo periodo dovrebbe essere inteso come qualcosa di più di un periodo di revisione, trascorso il quale, il rivestimento antifiamma deve essere ispezionato per l'individuazione di possibili danneggiamenti e difetti. Tuttavia, questo lasso di tempo descritto nelle ETA è attualmente soggetto a cambiamenti. Esistono infatti ETA con vite utili pari a più di 25 anni, tali per cui è doveroso tener conto della distinzione fra l'autorizzazione concessa al rivestimento per un uso esterno o interno.*

steel structures. For steel bridges, there are even higher requirements in Germany, as a service life of 100 years is calculated to be twice as long as for steel buildings. In addition, de-icing salt is used on bridges in winter. Therefore, the new ZTV-ING Part 4, Section 3 from March 2021 provides for a calculated protection period for coating systems of 50 years. This is possible because the manufacturers of coating systems are continually working on the further development of their products and systems.

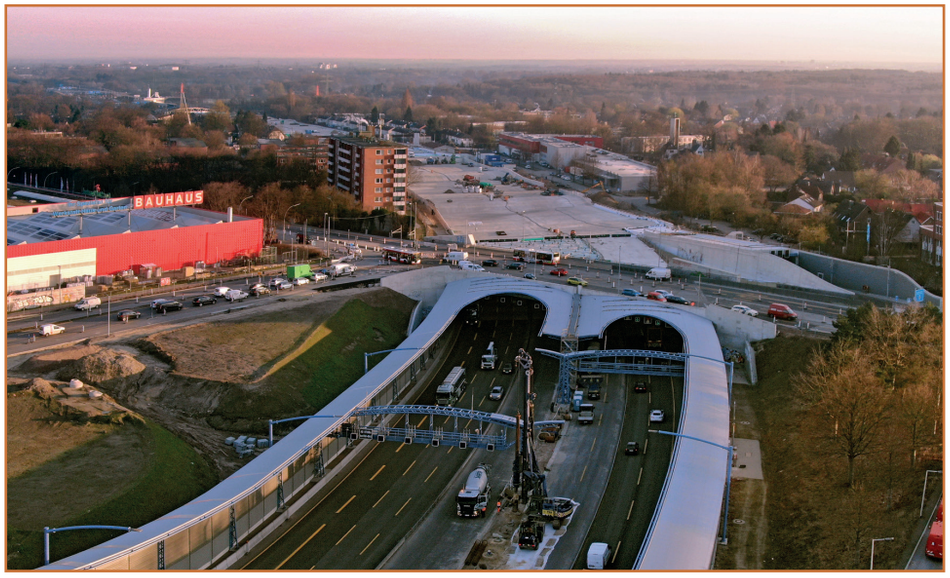


**Fig. 3 Image source by DEGES I Hajo Dietz; Nuernberg Luftbild**
***Immagine di DEGES I Hajo Dietz; Veduta aerea di Norimberga***

The corrosion protection coating of a steel bridge according to DIN EN ISO 12944 must be partially or fully renewed three times within this life cycle, given an imputed service life of organic coatings of 25 years and a service life of the structure of 100 years. The imputed service life of the coating according to Sheet 87 of ZTV-ING Part 4, Section 3 is 33 years, so that partial, or full renewal, only has to take place twice during the service life.

## MODERN HIGH PERFORMANCE COATING TECHNOLOGIES

For more than 50 years, steel structures have been effectively protected by 1-component intumescent coatings to maintain their stability for longer in case of fire. The intumescent coatings react under the influence of heat to form a foam layer centimeter thick. This barrier prevents heat from being transferred to the steel. The advantages of 1-component intumescent coatings are low layer thicknesses, easy application and almost unlimited

## PROTEZIONE DALLA CORROSIONE A LUNGO TERMINE

*Per quanto concerne la protezione dal processo corrosivo, sono diventati essenziali durate dell'effetto protettivo sempre più lunghe, ad esempio nella normativa DIN EN ISO 12944, si prevedono più di 25 anni nel caso delle strutture d'acciaio. Per quanto riguarda i ponti d'acciaio, i requisiti sono ancora più stringenti in Germania, in quanto la durata utile di 100 anni viene calcolata due volte superiore a quella delle strutture edili in acciaio. Oltre a questo, sui ponti, in inverno si utilizza il sale antighiaccio. Di conseguenza, la nuova ZTV-ING Parte 4, Sezione 3 del mese di Marzo 2021 prevede una durata calcolata di protezione per i sistemi di rivestimento pari a 50 anni. Questo è possibile perché i produttori di sistemi di rivestimento sono costantemente impegnati ad aggiornare i loro prodotti e sistemi. Il rivestimento anticorrosione di un ponte d'acciaio, in base a DIN EN ISO 12944 deve essere in parte o totalmente rinnovato tre volte nell'arco del suo ciclo di vita, data una vita utile presunta del rivestimento, secondo il Foglio 87 di ZTV-ING Parte 4, Sezione 3, di 33 anni; quindi il rinnovo parziale o totale deve avvenire solo due volte per tutto l'arco della vita utile.*

## MODERNE TECNOLOGIE DEI RIVESTIMENTI DI ALTA PRESTAZIONE

*Da più di 50 anni, le strutture in acciaio devono essere protette effettivamente con rivestimenti intumescenti monocomponenti per mantenere la loro stabilità più a lungo in caso di incendio. I rivestimenti intumescenti reagiscono all'effetto del calore formando uno strato di schiuma dallo spessore di un centimetro. Questa barriera fa sì che il calore venga trasferito all'acciaio. I vantaggi offerti dai rivestimenti intumescenti monocomponenti sono rappresentati da uno spessore limitato dello strato, dall'applicazione agevole e dai tempi di processo quasi illimitati, a costi ridotti. Tuttavia, il loro uso nei cantieri è molto ristretto perché devono essere applicati con più strati, il che prolunga di conseguenza i tempi di essiccazione in profondità. Oltre a questo, i rivestimenti intumescenti monocomponenti presentano una ridotta resistenza meccanica e la loro durata utile di 25 anni si restringe alle applicazioni in ambienti interni. Le condizioni ambientali*

processing times at low cost. However, their use on the construction site is considerably limited, as they have to be applied in several layers, which prolongs the through-drying time accordingly. In addition, 1-component intumescent coatings have low mechanical strength and their useful life of 25 years is limited to interior applications. Unfavorable environmental conditions on site can additionally limit their use considerably. As a result, the coating work cannot keep up with the pace of other construction measures and thus delays the overall project progress.

Due to this, the factory application of intumescent coatings has been further improved in recent years. However, there are now also numerous fast-drying 1-component products on the market. Nevertheless, through-drying and the risk of damage during transport and installation on the construction site continue to cause problems. Necessary rework on site is time-consuming and largely negates the advantage of the time saved in the factory.

Fast-drying, solvent-free, epoxy resin-based formulated 2-K fire protection coatings are usually applied directly in the factory because they are more robust than 1-K products. However, they can also be applied under controlled climatic conditions on the construction site. Currently there is a range of 2-K epoxy coatings available offering different properties. Firetex® Platinum technology, in contrast to other 2-K coating systems, is very resistant and can thus withstand extreme weather conditions and de-icing salt. The additional decisive advantage of this new generation of intumescent coatings is that in addition to fire protection of the structure, they also provide corrosion protection, according to DIN EN ISO 12944-5 up to C5 very high, as well as meeting the requirements of ZTV-ING Part 4, Section 3.

## THE FUTURE OF STEEL BRIDGE COATINGS

In steel bridge construction, there are more than 45 years of experience with epoxy and polyurethane resin-based reactive systems. Innovative coating systems in accordance with the new Sheet 100 of ZTV-ING Part 4, Section 3 enable a protection period against corrosion of at least 50 years with a total coating thickness of 400µm. In the future, a steel bridge will only have to be repaired once during its service life of 100 years. The first projects based on this principle are already in production or planning. For example, a tram bridge over a recycling centre with tyre storage, will be coated with a system that not only guarantees extremely high corrosion protection but also fire protection up to fire resistance class R120.

*sfavorevoli sul luogo di lavoro possono inoltre limitare in modo considerevole il loro utilizzo. Di conseguenza, l'effetto del rivestimento non riesce a tenere il passo con altre condizioni del lavoro di costruzione ritardando in questo modo l'evoluzione del progetto in generale.*

*A causa di ciò l'applicazione in fabbrica dei rivestimenti intumescenti è stata ulteriormente migliorata in questi ultimi anni, ma al presente esistono sul mercato altri numerosi prodotti monocomponenti ad essiccazione veloce. Nonostante ciò l'essiccazione in profondità e il rischio di danneggiamenti durante il trasporto e l'installazione in cantiere continuano ad essere aspetti critici. Le lavorazioni aggiuntive necessarie in cantiere richiedono molto tempo e neutralizzano ampiamente il vantaggio del tempo risparmiato in fabbrica.*

*I rivestimenti antifiamma a base di resine epossidiche bicomponenti, ad essiccazione veloce ed esenti da solventi vengono applicati solitamente, direttamente in fabbrica perché essi sono molto più resistenti dei prodotti monocomponenti. Tuttavia, possono anche essere applicati in condizioni climatiche controllate in cantiere. Attualmente è disponibile una serie di rivestimenti epossidici bicomponenti che offrono differenti proprietà. La tecnologia Firetex® Platinum, diversamente da altri sistemi bicomponenti, è molto resistente e può sopportare condizioni meteorologiche estreme e il sale antighiaccio. L'ulteriore grande vantaggio offerto da questi rivestimenti intumescenti di nuova generazione è rappresentato dal fatto che oltre alla protezione dalla fiamma della struttura, essi forniscono anche protezione dalla corrosione, secondo DIN EN ISO 12944-5, molto elevata fino a C5, oltre a soddisfare i requisiti di ZTV-ING Parte 4, Sezione 3.*

## IL FUTURO DEI RIVESTIMENTI DEI PONTI D'ACCIAIO

*Nella costruzione dei ponti d'acciaio, l'esperienza professionale con l'utilizzo dei sistemi reattivi a base di resine poliuretaniche ed epossidiche ha una storia di 45 anni. I sistemi di rivestimento innovativi, secondo il nuovo Foglio 100 di ZTV-ING Parte 4, Sezione 3 offrono una protezione dalla corrosione per una durata di almeno 50 anni con uno spessore totale del rivestimento di 400 µm. Nel futuro, un ponte d'acciaio dovrà essere riparato ulna volta soltanto per tutto l'arco della sua vita utile pari a 100 anni. I primi progetti basati su questo principio progettuale sono già in produzione o in fase di pianificazione. Ad esempio, il ponte di una cabina di un centro di riciclo con stoccaggio di pneumatici sarà rivestita con un sistema che non solo garantisce una elevata protezione dal processo corrosivo ma anche la protezione dalle fiamme fino a raggiungere la classe di resistenza R120.*