



Greifen Feuchtigkeit, Wärme und Chloride die Oberfläche an, erfüllen Spezialbeschichtungen auf Epoxidharzbasis nicht nur den Schutz vor diesen Einwirkungen, sondern schützen auch noch im Brandfall. Sie bilden eine Dämmisolation aus und strahlen die Wärme zurück. Dadurch bleiben Stahlbauten bei einem Feuer stabil.

Brandschutzmaßnahmen sollen entweder das Entstehen eines Brandes verhindern oder sie sollen, wenn es schon brennt, Personen ermöglichen, eine Anlage sicher zu verlassen. Zudem sollen Rettungskräfte über einen gewissen Zeitraum hinweg verletzte Personen aus der Umgebung des Brandes bergen können. Dafür halten Epoxy-Brandschutzbeschichtungen Stahlträger länger stabil. Allgemein unterscheidet man zwischen aktivem und passivem Brandschutz. Aktive Systeme, wie Sprinkleranlagen und Bewässerungssysteme werden eingesetzt, um den Brand zu löschen. Jedoch erfordern diese Systeme, insbesondere bei komplexen Stahlkonstruktionen in der chemischen und petrochemischen Industrie einen hohen Investitions- und Wartungsaufwand. Passive Systeme – etwa Verkleidungen, feuerfester Beton, Brandschutzbeschichtungen oder Spritzputze – hingegen sind latent vorhanden und weitgehend wartungsfrei. Die hauptsächlichsten Kosten beziehen sich auf die einmalig anfallenden Investitionskosten. Passiver Brandschutz dient nicht dem Löschen des Brandes – er schützt vielmehr Stahlkonstruktionen, Behälter mit Flüssiggas (Liquefied Petroleum Gas, LPG) sowie Standzargen von Reaktoren und verhindert ein schnelles Ansteigen der Stahltemperatur. So erreicht die Stahlkonstruktion erst nach Ablauf der geforderten Feuerwiderstandsdauer die kritische Stahltemperatur. Reaktive Brandschutzsysteme sind in die Klasse des passiven Brandschutzes einzuordnen. Die Besonderheit des reaktiven Brandschutzes besteht darin, dass zum Beispiel die Beschichtung beim Einwirken eines Brandes auf ein Vielfaches aufschäumt und so die Stahlkonstruktion isoliert und schützt.

Brandszenarien

Ein Kohlenwasserstoffbrand ist gem. UK Health & Safety Executive (HSE) – Fire And Explosion Strategy definiert. Die Brandgefährdung geht hier von Kohlenwasserstoffen aus, die entweder auf einem Werksgelände bzw. in einer Raffinerie gelagert oder in Prozessanlagen behandelt werden. Die Kohlenwasserstoffe sind entweder flüssig, lassen sich aber mit geringem Wärmeeinwand in Gase umwandeln oder sie sind bereits in der Gasphase. Hoher Druck und/oder hohe Temperatur beschleunigen diesen Übergang. Einer Zündung von Kohlenwasserstoffen folgt also nahezu unmittelbar ein Temperaturanstieg bis zum Maximum.

Ergebnisse auf einen Blick

- Brandschutzbeschichtungen auf der Basis von Epoxidharzen bieten vor allem dann Vorteile, wenn
- eine Applikation im Werk und ein schneller Durchsatz notwendig sind,
- hohe mechanische Festigkeiten gewünscht werden, um Transport und Lagerung ohne Beschädigungen zu überstehen,
- der Betreiber umweltfreundliche, lösemittelfreie Beschichtungen wünscht sowie
- eine hohe Feuerwiderstandsdauer und ein Brandschutz in rauer, korrosiver Umgebung gefordert sind. (Definition: "A pool fire is a turbulent diffusion fire burning above a horizontal pool of vaporising hydrocarbon fuel where the fuel has zero or low initial momentum. Fires in the open will be well ventilated (fuel-controlled), but fires within enclosures may become under-ventilated (ventilation-controlled). Pool fires may be static (e.g. where the pool is contained) or 'running' fires. Pool fires represent a significant element of the risk associated with major accidents on [...] installations that may have large liquid hydrocarbon inventories.") Für ein Jet-Fire-Szenario ergänzt HSE, dass diese extreme Gefährdung bzw. Variante des Kohlenwasserstoffbrandes bei rasant verdampfenden Flüssigkeiten (z.B. Flüssiggas) unter hohem Druck auftritt. (Definitionsergänzung: "A jet or spray fire is a turbulent diffusion flame resulting from the combustion of a fuel

Brandschutz in der petrochemischen- und der Offshore-Industrie – Akzo Nobel

continuously released with some significant momentum in a particular direction or directions.”) Brandschutzbeschichtungen auf Basis von 2-Komponenten-Epoxidharzen sind eine über mehrere Jahrzehnte bewährte und optimierte Technologie in der Industrie, wenn die Gefahr eines Kohlenwasserstoff- oder Jet-Fire-Brandes besteht. Solche Brandschutzbeschichtungen reagieren bei Hitze einwirkung und schäumen auf. Dabei bildet sich eine kohlenstoffhaltige Dämmschicht, die um ein Vielfaches dicker ist als die Ausgangsschicht. Diese Dämmschicht bewirkt eine Wärmeisolierung des Stahls.

Temperaturen bei Bränden

Die Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) beschreibt den Temperaturverlauf des Rauchgases im Brandraum. Während man im Hochbau von einem Zellulosebrand ausgeht, müssen in der Industrie die Brandszenarien Kohlenwasserstoff (Hydrocarbon-Fire) oder unter Umständen auch Jet-Fire berücksichtigt werden. Durch die unbeschränkt vorhandene Brandlast und kontinuierlichen Temperaturanstieg werden innerhalb kürzester Zeit Temperaturen von über 1000 °C erreicht. Dies führt ohne entsprechenden Schutz zum Versagen der Stabilität der Stahlkonstruktionen. Stahl ist ein nicht brennbarer Werkstoff, er verliert jedoch bei hohen Temperaturen seine Festigkeit. Als Folge kann eine Stahlkonstruktion im Brandfall kollabieren. Jede Stahlkonstruktion ist mit einem Sicherheitsfaktor versehen, um dem Gebäude bei Fremdeinflüssen (z.B. Brand) Sicherheit zu geben. Ab der Bemessungstemperatur ist der Sicherheitsfaktor aufgebraucht und die Stahlkonstruktion kann bei weiterer Temperatursteigerung zusammenbrechen. In Deutschland und der Schweiz wird mit einer Bemessungstemperatur von 500 °C gearbeitet. Durch Neuerungen in europäischen, aber auch weltweiten Normen kann der Tragwerksplaner (Statiker) mittlerweile zwischen Bemessungstemperaturen von 350 °C bis 750 °C wählen.

Feuerwiderstandsdauer

Im Allgemeinen ist die Bezeichnung R-30/60/90 usw. für Feuerwiderstandsklassen geläufig, wenn von einer Feuerwiderstandsdauer im architektonischen Stahlbau gesprochen wird. R-30 bedeutet dabei, dass beim Brandversuch bis zum Feuerdurchschlag mindestens 30 Minuten vergehen. In der Industrie können diese Feuerwiderstandsdauern jedoch nicht angewandt werden, da die Risiken der Brandszenarien eine höhere Schutzwirkung erfordern. Daher werden die Feuerwiderstandsdauern wie folgt klassifiziert:

- HC-30: Schutz gegen Kohlenwasserstoffbrand für eine Dauer von 30 min.
- HC-60: Schutz gegen Kohlenwasserstoffbrand für eine Dauer von 60 min.
- HC-90: Schutz gegen Kohlenwasserstoffbrand für eine Dauer von 90 min.

Sollte das Risiko einer Druckbelastung (z.B. ausströmendes Gas in einer Druckleitung) bestehen, kann zusätzlicher Schutz gegen eine Jet-Fire-Belastung erforderlich sein. Dies wird im Bedarfsfall entsprechend gekennzeichnet und ist insbesondere im Bereich von Betrieben, in denen Flüssigerdgas (Liquefied Natural Gas, LNG) verarbeitet bzw. gelagert wird und in der Offshore-Industrie erforderlich. Die Feuerwiderstandsdauer HC-90, die ein gebräuchlicher Standard in der Industrie ist, bedeutet, dass die jeweilige Bemessungstemperatur im eingebauten Stahlprofil (z.B. 500 °C) frühestens nach 90 Minuten erreicht sein darf. Es bedeutet jedoch nicht, dass der Stahlbau nach 90 Minuten einstürzt, oder dass 90 Minuten für Rettungsmaßnahmen zur Verfügung stehen. Im realen Brandfall wird die Bemessungstemperatur in der Regel nie

erreicht. Die äquivalente Branddauer t_{eq} ist die Zeit in Minuten, bei der im Normbrand entsprechend der ETK näherungsweise dieselbe Brandwirkung erreicht wird wie im natürlichen Schadensfeuer.

Brandschutzbeschichtungen in der Industrie

Herkömmliche reaktive Brandschutzbeschichtungen basieren auf einkomponentigen Acrylharzen und deren Copolymeren. Unvernetzte Beschichtungen auf Basis von Acrylaten sind jedoch relativ weich und anfällig gegen mechanische Beschädigungen. Daher können diese Materialien zwar im Hochbau bedenkenlos eingesetzt werden, in der Industrie jedoch, wo mit höherer Brandlast durch austretende Kohlenwasserstoffe zu rechnen ist, sind einkomponentige Acrylharze nicht geeignet und dürfen daher nicht eingesetzt werden. Zudem hat der hohe Füllgrad mit Additiven eine nur sehr begrenzte Korrosions- und Chemikalienbeständigkeit zur Folge. Daher können für den passiven Brandschutz in der Industrie, der mit Beschichtungen realisiert wird, nur hochleistungsfähige zweikomponentige Epoxy-Brandschutzbeschichtungen zum Einsatz kommen. Diese bieten neben den geforderten Brandschutzeigenschaften auch den nötigen Schutz gegen Korrosion. Unterschiede zwischen Acrylat- und Epoxy-Brandschutzbeschichtungen zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Zusammensetzung von Epoxy- und Acrylat-Brandschutzbeschichtungen

Brandschutzbeschichtung	2K-Epoxy	1K-Acrylat
Bindemittel	Epoxy / Amin	Acrylat oder Acrylatdispersionen
Formulierung	Zweikomponentensystem, 100 % Festkörper, hoher Bindemittelanteil, faserverstärkt	einkomponentig, lösemittelhaltig oder wässrig, niedriger Bindemittelanteil
Typische Schichtdicken	2–10 mm	0,25–7 mm
Ausdehnungsfaktor der Dämmschicht	bis 20 x Ausgangsschichtdicke	bis 100 x Ausgangsschichtdicke
Korrosionsschutz	exzellent	moderat

Wirkungsweise der Epoxy-Brandschutzbeschichtung

Die Isolierung erfolgt zum größten Teil durch ein gasgefülltes Dämmvolster, das die Beschichtung während der Hitzeeinwirkung ausbildet. Zudem findet eine Rückstrahlung der Wärme statt und endotherme Reaktionen kühlen die Stahlkonstruktion. Die beiden letztgenannten Prozesse liefern jedoch nur einen kleinen Teil der Isolier- und Kühlwirkung. Die Basiskomponenten einer reaktiven Brandschutzbeschichtung und deren Wirkungsweise sind seit den 50er Jahren bekannt:

- ein Bindemittel(-system)
- ein Säurelieferant (Ammoniumpolyphosphat)
- ein Kohlenstofflieferant (Pentaerythrit)
- ein Treibmittel (Melamin)

Pentaerythritol (PE) schmilzt bei 185 °C; es folgt eine Alkohololyse des Ammoniumpolyphosphats (APP). Diese Kombination bildet die Basis für die kohlenstoffhaltige Dämmschicht (200–250 °C).

Oberhalb von 300 °C erfolgt eine allmähliche thermische Zersetzung. Diese setzt CO₂ und spezifische Treibgase aus dem Melamin frei. Die Dämmschicht hat jetzt die optimale Viskosität und die Gase können die Schicht aufblähen. Die Brandschutzbeschichtung expandiert bis zum 20-fachen (100-fachen bei acrylatbasierten Produkten) der Ausgangsschichtdicke. Reaktionen zwischen dem Bindemittel und den Hilfsmitteln/Schaummitteln verfestigen die Dämmschicht. Nach vollständiger Expansion verfestigt sich die Dämmschicht in eine schwarze, schwammartige Masse. Diese brennt an der Grenzschicht Luft/Dämmschicht allmählich ab.

Hochkorrosive Umgebungen

Investitionsgüter in der chemischen- und petrochemischen Industrie, sowie im Offshore-Sektor müssen gegen hochkorrosive Umgebungsbedingungen geschützt werden. Neben einer hohen Belastung durch Feuchtigkeit, Wärme und Chloride können zusätzliche chemische Angriffe die Oberfläche belasten. Die Klassifizierung dieser Bereiche erfolgt gemäß der DIN EN ISO 12-944 in die Kategorien C5-I bzw. C5-M oder für die Offshore-Industrie nach ISO 20340 / NORSOK M-501. Um Brandschutzbeschichtungen für diese Anwendungen zu spezifizieren, bedarf es einer sorgfältigen Auswahl des passenden Systems. Neben den grundsätzlichen Eigenschaften, die durch unabhängige Prüfinstitute belegt werden müssen, spielen auch Referenzen und praktische Erfahrungen mit den vorhandenen Gegebenheiten eine wichtige Rolle.

Tabelle 2: Vergleich von Epoxy- und Acrylat-Brandschutzbeschichtungen

Epoxy-Brandschutz	1K-Acrylatprodukte
1–3 Schichten erforderlich	bis zu 10 Einzelschichten erforderlich
schneller Durchsatz in der Produktion	eingeschränkte Wirtschaftlichkeit durch viele Schichten und lange Wartezeiten
0 VOC	VOC Ø 350 g/l (Ø 75 g/l für wässrige Produkte)
kompletter Anstrich im Werk	Applikation oftmals auf der Baustelle (geringe Härtung und langsame Trocknung)
ausgezeichnete mechanische Eigenschaften	weichere Oberfläche mit Risiko für Transport- und Montageschäden
hervorragender Korrosionsschutz (inklusive Norsok-Anforderungen)	nicht empfehlenswert bei hoher Feuchtebelastung oder Luftfeuchtigkeit
exzellente chemische Beständigkeit (langjährige Erfahrungen in der chemischen Industrie)	geringe Beständigkeit bei aggressiven Umgebungsbedingungen
Eignung für Brandschutz in der Industrie	nur für den Brandschutz im Hochbau

Sowohl Neubau- als auch Sanierungsobjekte bedürfen einer sorgfältigen Planung des Brandschutzes. Dabei sind spezifische Gegebenheiten zu berücksichtigen: Die Untergrundvorbehandlung, die grundsätzlich für die Leistungsfähigkeit eines jeden Beschichtungssystems ausschlaggebend ist, kann bei Sanierungen in petrochemischen Anlagen (z.B. bei Reaktoren) eine entscheidende Rolle spielen. Individuelle Lösungen, etwa die Applikation auf mechanisch entrosteten Oberflächen (ST 3 gem. ISO 8501) kön-

nen Vorteile bieten. Ebenso sind auftretende Temperaturwechsel- oder Schockbelastungen oder heißgehende Oberflächen zu berücksichtigen. Eine enge Abstimmung zwischen dem Betreiber, dem Hersteller der Brandschutzbeschichtung und Isolierung etc.) ist erforderlich, damit sich das Brandschutzkonzept homogen in das Gesamtgefüge einreihet. Wie zuvor erwähnt, basieren herkömmliche Brandschutzbeschichtungen auf einkomponentigen Acrylatharzen und deren Copolymeren. Sie sind als lösemittelbasierte oder wässrige Produkte erhältlich. Durch eine hohe Füllung mit dämmschichtbildenden Additiven wird eine sehr hohe Schaumhöhe erzielt. Dies ergibt eine hohe Wärmeisolierung bei relativ niedrigen Schichtdicken. Unvernetzte Beschichtungen auf der Basis von Acrylaten sind jedoch relativ weich und anfällig gegen mechanische Beschädigungen. Zudem hat der hohe Füllgrad mit Additiven eine begrenzte Korrosions- und Chemikalienbeständigkeit zur Folge. Ein Einsatz im Außenbereich bei aggressiverer Umwelteinwirkung ist nahezu unmöglich. Die geringe Härte und Beständigkeit haben zur Folge, dass eine Beschichtung im Werk oftmals nicht möglich ist. Zum einen sind aufgrund der geringen mechanischen Festigkeit zahlreiche Transport- und Montageschäden zu erwarten. Zum anderen macht die geringe Beständigkeit gegen Wind, Feuchtigkeit und korrosive Medien ein Lagern im Freien während der Montage sehr schwierig. Ein Versagen der Beschichtung kann die Folge sein. Reaktive Brandschutzbeschichtungen auf der Basis von Epoxidharzen spielen hier in einer anderen Liga. Derartige Produkte bilden durch die Kombination mit einem Aminhärter ein dichtes und widerstandsfähiges Netzwerk. Zudem sind derartige Produkte weit weniger mit schaubildenden Additiven gefüllt. Der Bindemittelanteil ist deutlich höher. Der hohe Vernetzungsgrad in Verbindung mit dem hohen Bindemittelanteil führt zu einem mechanisch und chemisch extrem widerstandsfähigen Beschichtungssystem.

Epoxy-Brandschutz

Der Aufbau eines Epoxy-Brandschutzsystems erfolgt in der Regel in Kombination mit einer geprüften und zugelassenen Grundbeschichtung auf Basis eines zweikomponentigen Epoxidharzes, in Einzelfällen pigmentiert mit Zinkstaub; anschließend wird die Epoxy-Brandschutzbeschichtung appliziert. Sie wird unter bestimmten Voraussetzungen mit einem Armierungsgewebe versehen sowie darauf folgend optional mit einer UV-stabilen und pflegenden Deckbeschichtung auf Basis eines acrylmodifizierten Polyurethans. Im Brandfall schäumt die Brandschutzbeschichtung auf und ergibt die kohlenstoffhaltige Dämmschicht. Der Schaum des Acrylsystems ist wattweich und wenig widerstandsfähig. Die Epoxy-Systeme bilden einen harten, beständigen Schaum. Ein Faseranteil im Beschichtungsstoff erhöht die Festigkeit des Schaums. Epoxy-Brandschutzbeschichtungen können in sehr rauen Umgebungen eingesetzt werden, ein Decklack ist für die Brandschutzeigenschaften des Systems nicht erforderlich, kann jedoch aus kosmetischen Gründen vorgesehen werden. Die extreme mechanische Beständigkeit ermöglicht eine Applikation im Werk, der Transport und die Lagerung im Freien sind völlig unproblematisch. Ein weiterer wesentlicher Punkt ist die Beständigkeit von Epoxy-Brandschutzbeschichtungen gegenüber Löschwasser. Die Schaumschicht darf hier nicht vom Bauteil abfallen. Weitere entscheidende Gründe für Epoxy-Brandschutz ergeben sich sowohl für den Betreiber als auch für den Applikationsbetrieb dadurch, dass derartige Systeme viel schneller durchhärten und in wesentlich höheren Schichtdicken in einem Arbeitsgang appliziert werden können (Tab. 2). Betrachtet man eine geforderte Feuerwiderstandsdauer HC-90, so sind je nach Profildicke Schichtdicken bis zu 15 mm erforderlich. Brandschutz-

Brandschutz in der petrochemischen und der Offshore-Industrie – Akzo Nobel

beschichtungen auf Epoxydharzbasis sind lösemittelfrei, ein Entweichen von Lösemitteln ist daher nicht erforderlich. Die notwendigen Schichtdicken lassen sich in der Regel in zwei bis drei Arbeitsgängen applizieren. Die Schichtdicke für die gängigsten Profilarten kann oftmals in einem Arbeitsgang appliziert werden.

Die Anwendung

Insbesondere für den Schutz von Flüssiggasbehältern und -Lagerstätten sowie Offshore-Plattformen werden seit den späten 80er Jahren bevorzugt Epoxy-Brandschutzbeschichtungen eingesetzt, so für LPG-Kugel, auf Offshore Plattformen und bei der LNG-Verladung. Die Applikation von Epoxy-Brandschutz erfolgt entweder durch

- Handapplikation mittels Kelle und Spachtel
- Airless-Applikation mit einem speziellen 1-Kolben-Spritzgerät
- Airless-Applikation mit 2-Komponenten-Heißspritzgerät

Die Applikation erfordert Erfahrung, eine Schulung durch den Hersteller ist zwingend erforderlich. Das bekannteste Produkt auf diesem Gebiet ist die Chartek-Gruppe, welche bereits für Raumflüge zum Einsatz gekommen ist.

Ing. Stefan Kobor
Regional Sales Manager
Österreich/Schweiz/Slowenien



www.akzonobel.com

 **International**®

Ihr kompetenter
Partner für welt-
weite Brandschutz-
beschichtungen –
Wir sind für Sie da!

Interchar®, **Chartek®**

 **International**

Akzo Nobel Coatings GmbH
Aubergstraße 7
A-5161 Elixhausen
Tel. +43 (0) 662 48989-0, Fax +43 (0) 662 48989-99
www.international-pc.com

AkzoNobel