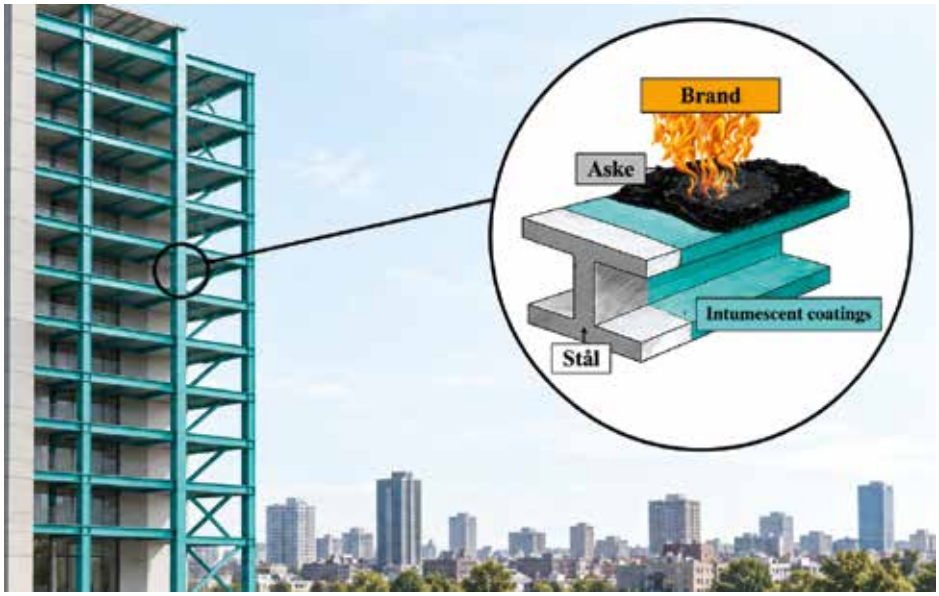
Brandbeskyttende maling – fra laboratorie til industriel anvendelse

Hvordan bringes brandbeskyttende teknologi fra laboratoriet til et sikkert produkt i samfundet – uden at brandtesten bliver for realistisk?

Af Hafeez Ahmadi og
Kim Dam-Johansen,
DTU Kemiteknik - CoaST

Lige som airbaggen i en bil håber man aldrig at få brug for brandbeskyttende maling (intumescerende coatings) – men skulle en brand bryde ud, kan et lag maling være forskellen på, om en bygning står eller kollapser. Intumescerende coatings er i dag en af de mest udbredte metoder til at beskytte bærende stålkonstruktioner mod brand, men vejen fra et lovende laboratorieresultat til et færdigt, certificeret produkt er langt fra ligetil. Den kræver omfattende test og et tæt samspil mellem forskning og industri.

De problemstillinger, der beskrives her for intumescerende coatings, er samtidig en del af en bredere forskningsmæssig tilgang i CoaST – The Hempel Foundation Coatings Science and Technology Centre ved Danmarks Tekniske Universitet. På tværs af centrets arbejde med heavy-duty coatings, herunder korrosionsbeskyttelse, fouling control og brandbeskyttelse, er et centralt fokus at skabe sammenhæng mellem materialeforståelse og coating, udvikling i laboratoriet, relevante testbetingelser, felt/storskalaforsøg samt den efterfølgende industrielle anvendelse.



Figur 1. Et tyndt lag af intumescerende coating kan ekspandere op til 100 gange dens oprindelige tykkelse under brand – til et tykt, varmeisolerende askelag til beskyttelse af den bærende stålkonstruktion [1].

Brandbeskyttende coatings udgør

SAMLET HOS DRIFTON

PRÆCISION TIL DIT LABORATORIUM

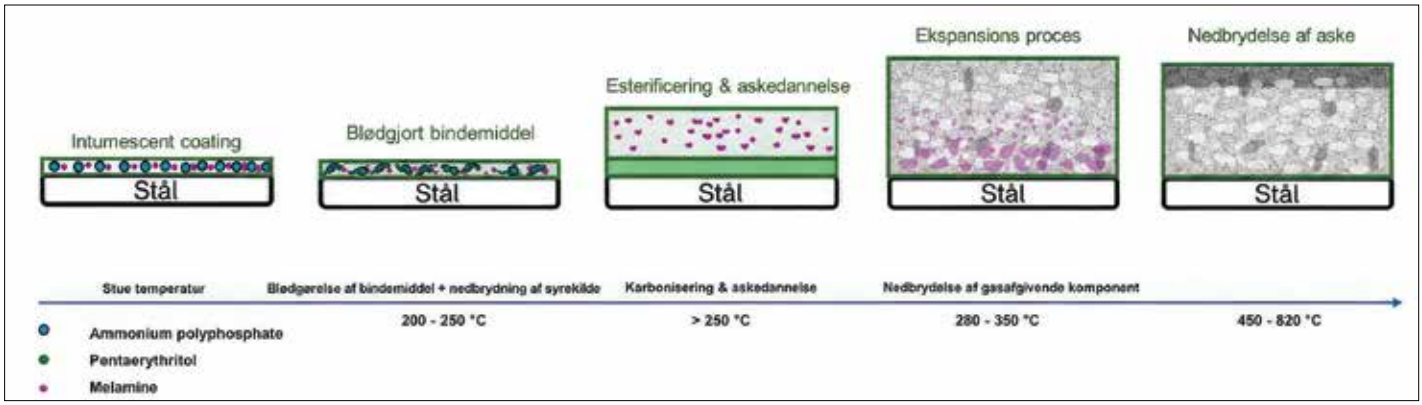


Find laboratorieudstyr og forbrugsvarer til bioteknologi, miljøanalyse og prøveforberedelse. Vi tilbyder pipetter, laboratorieglas, filtreringsudstyr, centrifuger og omrørere samt et bredt udvalg af pumper, pumpeslanger og fittings til præcis dosering og væskeoverførsel.

DACOS bliver til Drifton fra 1. januar 2027. Hele sortimentet er allerede tilgængeligt på drifton.dk.

DACOS - EN DEL AF DIATOM A/S
DRIFTON THE SCIENCE OF DISPENSING

Besøg drifton.dk, eller kontakt os på 3679 0000 eller info@drifton.dk



Figur 2. Skematisk reaktionsmekanisme af et intumescerende system bestående af en syre-, karbon- og gasafgivende kilde. Gengivet fra [2].

således et eksempel på den generelle udfordring: at sikre, at viden og udvikling under kontrollerede laboratorieskala kan overføres til de miljøer, hvor coatingen i sidste ende skal gøre gavn.

Stål, brand og en gammel kemisk opskrift

Stål mister en stor del af sin bæreevne ved temperaturer over cirka 550°C, og i en brand, hvor temperaturen hurtigt kan overstige 1000°C, kan det medføre kollaps af bygninger og infrastruktur. Intumescerende coatings er blevet et af de mest foretrukne svar på problemet. Et forholdsvist tyndt lag af malingen kan under brand ekspandere til et tykt, porøst askelag, der virker som en varmeisolerende barriere mellem branden og stålet (se figur 1 på side 13).

Coatingen indeholder tre hovedingredienser, der reagerer i en præcis afstemt sekvens: en syrekilde (ammoniumpolyfosfat), en kulstofkilde (pentaerythritol) og en gaskilde (melamin) (se figur 2) [1]. Til sammen danner de et ekspanderet, porøst askelag, der forsinker temperaturstigningen af stålet – i nogle tilfælde i flere timer – og giver tid til evakuering og til at branden kan slukkes.



Foto: AI-genereret. Magnific.com.

Metoden er i dag foretrukket af både arkitekter og ingeniører af flere grunde. Sammenlignet med traditionel passiv brandisolering som cement, gipsplader eller mineraluld er coatingen let at påføre, tilfører konstruktionen minimal ekstra vægt og fylder væsentligt mindre. Det gør den særlig attraktiv i moderne byggeri, hvor både æstetik og pladsforbrug spiller en central rolle. Derfor anvendes den også bredt – fra højhuse til mere krævende miljøer som kemiske anlæg og offshore-installationer.

Testmetoder i laboratoriet

Selvom konceptet bag intumescerende coatings er velkendt, er udviklingen af nye produkter en langstrakt proces. Da fuldskala brandforsøg på bygninger og konstruktioner hverken er praktisk eller økonomisk gennemførlige for hver iteration i produktudviklingen, så er forsøg i laboratorieskala en nødvendighed. Lovende resultater herfra er imidlertid ikke i sig selv en garanti for, at coatingen vil udvise samme performance under en reel brand eller i en industriel certificeringstest. Her spiller valg af testmetode og skalering derfor en central rolle.

I forskningsverdenen anvendes et bredt spektrum af udstyr til at eksponere coatings for varme – lige fra åben flamme til modificerede elektriske og gasfyrede laboratorieovne [3]. Hver metode har sine styrker: en Bunsenbrænder med åbent flammemiljø er billig og hurtig at bruge til en første screening, mens ovnene kan indstilles præcist efter internationale standardkurver for temperatur over tid, som for eksempel ISO 834 (cellulosebrande) eller UL 1709 (hydrokarbonbrande). Denne vifte af testmetoder er samtidig en udfordring, da forsøgsbetingelserne som opvarmningshastighed, varmekilde, prøvestørrelse samt testgeometri, ofte varierer meget fra studie til studie. Derfor kan det være

vanskeligt at sammenligne resultater på tværs af forskningsgrupper og litteratur.

Når laboratorie møder industri

Det mest afgørende skridt i udviklingen er dog springet fra laboratorie- til industriel skala. Her kan selv en velfungerende coating opføre sig markant anderledes. En sammenligning mellem en elektrisk laboratorieovn og en industriel naturgasovn – flere tusinde gange større i volumen, illustrerer forskellen tydeligt (se figur 3).

Årsagerne til denne forskel er mange. Vanddamp fra forbrændingen kan påvirke askedannelsen; varmeoverførslen og opvarmningshastigheden kan variere samt turbulente gasstrømme omkring prøven kan påvirke både varmebelastningen og stabiliteten af det ekspanderede lag. Samtidig adskiller ovngeometri, prøvestørrelse og orientering, samt varmeeksponeringsforhold sig fundamentalt fra et laboratorieforsøg. Konsekvenserne kan både være højere eller lavere ekspansion, en mere porøs og skrøbelig aske, øget revnedannelse eller reduceret adhæsion og mekanisk stabilitet. Sådanne strukturelle ændringer kan have afgørende betydning for coatingens performance.

Disse observationer understreger nødvendigheden af løbende at korrelere resultater fra laboratorieforsøg med industrielle brandtest og finjustere produkter iterativt, før det kan opnå relevante certificeringer. Samtidig fremhæver det også betydningen af at udvikle laboratoriemetoder, som i højere grad afspejler de fysisk-kemiske påvirkninger coatingen udsættes for under realistiske brandforhold. Dette stiller krav til, at centrale parametre som varmeflux, opvarmningshastighed, atmosfærens sammensætning, gasstrømning, fugtighed med mere, så vidt muligt relateres til de forhold, der forekommer i industrielle test. Jo bedre denne sammenhæng etableres, desto mere effektivt kan laboratorieforsøg anvendes som et udviklingsværktøj, der kan identificere lovende coatings, inden der investeres tid, materiale og betydelige ressourcer i større skala brandtest.

Vejen til en mere brandsikker fremtid

Udfordringen ved udvikling af brandbeskyttende teknologier ligger derfor ikke kun i selve kemien, men i høj grad i vejen fra laboratorium til certificeret produkt, hvor testmetoder skal afspejle virkelighedens brandscenarier så præcist som muligt. Jo bedre testforholdene er karakteriseret, desto lettere bliver det at sammenligne resultater og omsætte forskningen til robuste, industrielt anvendelige løsninger. I sidste ende skal denne viden føre til brandbeskyttelse, der fungerer pålideligt i en reel brand. For det afgørende mål er at beskytte mennesker og konstruktioner, der er afhængige af teknologien, når det virkelig gælder.

Denne tilgang rækker ud over brandbeskyttelse og dækker de øvrige forskningsområder i CoaST. Samspillet mellem laboratorie- og felt/storskala forsøg – blandt andet ved CoaST Maritime Test Center i Hundested – og samarbejde med industrien giver mulighed for løbende at afprøve, sammenholde og videreudvikle forskningsmetoder på tværs af forskning og industri. Parallelt vægtes udvikling af en digital forskningsstruktur, hvor forsøgsdata systematisk struktureres og akkumuleres. Det styrker grundlaget for tværgående dataanalyser og modelverificering og skaber samtidig et stadig bedre datagrundlag for anvendelse og videreudvikling af data science og kunstige intelligens-værktøjer i coating-forskningen.

Tak til Hempel Fonden for støtte til forskningsprojektet og til Hempel A/S til støtte til de industrielle testforsøg.

E-mail:
Hafeez Ahmadi: hahm@kt.dtu.dk

Referencer

1. Puri, R., Khanna, A. S., *Intumescent coatings: A review on recent progress*, JCTR, 2016.
2. Ahmadi, H., Batsinis, A., Olsson, E.L., Krieger, G., Wu, H., Dam-Johansen, K., *Blowing agents and solid-expandable particles in fire protective coatings: A review*, POC, 2026.
3. Dreyer, A. H.J., Weinell, C.E., Dam-Johansen, K., Kiil, S., *Review of heat exposure equipment and in-situ characterization techniques for intumescent coatings*, FSJ, 2021.
4. Zeng, Y., Weinell, C. E., Dam-Johansen, K., Ring, L., Kiil, S., *Comparison of an industrial- and a laboratory furnace for analysis of hydrocarbon intumescent coating performance*, JFS, 2020.



Figur 3. Venstre: elektrisk laboratorieovn (1 liter ovnkammer) og højre: gasfyret industriel skala ovn (7500 liter ovnkammer). Gengivet fra [4].