

Effektiv rustbeskyttelse med zinkholdig maling

Stål beskyttes meget effektivt mod rust ved brug af et malingssystem, som indeholder zinkpulver. Malingssystemet dækker af mod omgivelserne som en barriere, men yder samtidig galvanisk beskyttelse, hvis det bliver udsat for en mekanisk skade, der blottet stålet. Men hvordan udnyttes zinkpulveret bedst muligt, så der opnås maksimal galvanisk beskyttelse?

Af Claus E. Weinell, Hempel A/S

Siden opfindelsen af stål har det været det primære konstruktionsmateriale for en række vigtige strukturer og konstruktioner. Det er stærkt, nemt at bearbejde og forholdsvis billigt. Dog vil stål, hvis det ikke beskyttes, vende tilbage til dets naturlige tilstand, det vil sige jernoxid eller "rust" [1].

Det er velkendt for de fleste, at man kan beskytte stål ved at male det; ganske enkelt fordi man holder elementerne i korrosionsprocessen, ilt, vand og salt, væk fra overfladen [1]. En anden meget anvendt metode er at give stålet en metallisk zinkbelægning, f.eks. ved varmgalvanisering eller sprøjtemetallisering, hvor zinkens opgave er at beskytte stålet katodisk. En tredje mulighed til langtidsbeskyttelse af stålkonstruktioner er at indbygge den katodiske beskyttelse i en maling. Dette gøres i vid udstrækning ved brug af malingssystemer med et højt indhold af zinkpulver, f.eks. zinksilikater og zink-epoxier. Beskyttelsesmekanismen benytter sig derved af en kombination af både barriereeffekt og katodisk beskyttelse, og man slipper for at arbejde med smeltet zink, som både varmgalvanisering og sprøjtemetallisering kræver. For at få den maksimale beskyttelse af en zinkholdig maling er det dog yderst vigtigt, at hele malingssystemet bygges korrekt op, og at det anvendte zinkpulver yder maksimal galvanisk beskyttelse, hvis malingssystemet udsættes for en mekanisk skade. Udgangspunktet for design af effektive zinkholdige malinger er derfor forståelsen af de grundlæggende principper for virkemåden samt nedbrydningsmekanismen, der foregår, hvis malingssystemet skades.

Denne artikel fokuserer på sammensætningen og virkemåden af zinkholdig maling, som anvendes i vidt omfang i bl.a. offshoremiljøer, hvor kravene til korrosionsbeskyttelse er blandt de højeste. Malingssystemerne i det miljø skal holde i 15-20 år eller endda længere, og de baserer sig faktisk udelukkende på enten zinksilikat eller zinkepoxy.

I denne artikel er der lagt vægt på zinkepoxyer pga. deres gode allroundanvendelse mht. påføring og hærkning. Det gør dem yderst attraktive at arbejde med. Kan man gøre deres evne til korrosionsbeskyttelse lige så god som zinksilikaters, kan de overtage en stor del af markedet for zinksilikater. De to eksempler på nye zinkepoxyer, der beskrives her er netop drevet af denne motivation

Metallisk zinkbelægning som korrosionsbeskyttelse

Brugen af zink til at beskytte stål stammer fra 1837, hvor Sorel, en fransk ingeniør, patenterede processen, hvor der lægges et lag zink på et stykke stål ved at dyppe det ned i en smelte af zink. Dette var starten til varmgalvaniseringsindustrien. Processen kræver en række kemiske bade som forbehandling. Dernæst belægges emnet med et tyndt lag zink (typisk 50-100 µm).



Kemikalier og sikkerhed

- ♦ Planlægning af præklinisk udvikling
- ♦ Økotoksicitet
- ♦ Lovgivning
- ♦ Fødevarsikkerhed
- ♦ HACCP og ISO 22000

Danmarks stærkeste på kemiske stoffer og deres effekt på mennesker og miljø



DHI
Agern Allé 5
2970 Hørsholm
Tlf: 4516 9200

www.dhigroup.com



Figur 1. Billedet viser et eksempel på, hvordan zinksilikat er uegnet, hvis det er for tørt. En olieplatform blev leveret til den Arabiske Golf, hvor en zinksilikat var overmalet uden at være hærdet ordentligt. Konstruktionen blev malet i Asien ved vintertid, hvor luften var meget tør. Problemet var tilsyneladende, at det foregik uden klimakontrol i malerhallen, og at man ikke kontrollerede hærdegraden af zinksilikatet, før det blev overmalet. Resultatet var, at topcoaten skallede af det uhardede og dermed svage zinksilikat. Det betyder en betydelig omkostningsfyldt ommaling af konstruktionen på stedet.

Begrænsningen ved metoden ligger i størrelsen af de emner, der fysisk kan dyppes. Fordelen ved varmgalvanisering er en ypperlig kontakt mellem zink og stål, idet de to metaller er koblet via en jern-zink-legering. Desuden er stålet dækket af et ubrudt lag af rent tilgængeligt zink til at yde den katodiske beskyttelse.

Termisk sprøjetmetallisering er en anden metode, der har vundet indpas i nyere tid, hvor smeltet zink (eller aluminium-zink-legering) sprøjtes med specialudstyr på det rengjorte stål. Der kræves sandblæsning som forbehandling af stålet. Sprøjetmetallisering er forholdsvis dyrt og tidskrævende, og vedhæftningen af zink til stål er kun mekanisk, dvs. der skabes ikke en legering mellem stål og zink, som ved varmgalvanisering. Til gengæld dannes der også her et ubrudt lag af ren zink på overfladen. Metoden kan anvendes på større konstruktioner (f.eks. vindmølleårer eller brosektioner) i modsætning til varmgalvanisering.

Zinkholdig maling som korrosionsbeskyttelse

I 1930'erne begyndte man at anvende zinkpulver i maling som galvanisk beskyttelse. Fordelen var, at det er en "kold proces" i modsætning til varmgalvanisering, og zinkholdig maling kunne man lægge på større konstruktioner. Der var to tankeretninger, og det er der faktisk også den dag i dag. Den ene bygger på et uorganisk malingsystem, zinksilikat og den anden bygger på et organisk malingsystem, som i dag næsten udelukkende er zinkepoxy.

Zinksilikat

De første zinksilikater var baseret på en blanding af natriumsilikat og zinkpulver [2]. Nogle krævede en noget besværlig syre/base-forbehandling af stålet kombineret med mekanisk afrensning før påføring af zinksilikatet. Alle krævede en efterhærdning ved forhøjet temperatur (100-150°C). Zinksilikaterne gav en ypperlig korrosionsbeskyttelse, men de var pga. af især

efterhærdningen mere besværlige at arbejde med end de organiske typer, som også dukkede op i 1930'erne. I dag bruges der næsten kun ethylsilikat-binder (opløst i et organisk opløsningsmiddel) med zinkpulver i zinksilikater. Den klare fordel ved nutidens zinksilikater er, at de hærder ved stuetemperatur, og at de kan formuleres med et meget højt indhold af zinkpulver og dermed yder høj galvanisk beskyttelse. En anden fordel ved zinksilikater er deres temperaturbestandighed, der gør, at de kan anvendes på områder, hvor meget høj temperatur kan forekomme, f.eks. procesrør. Den øvre anvendelsestemperatur er faktisk kun begrænset til zinkens smeltepunkt, som ligger omkring 420°C. Ulempen ved zinksilikat er, at hærtningsprocessen kræver fugtighed for at forløbe ordentligt, gerne mere end 50% relativ fugtighed. Det kan være et problem visse steder i verden på visse tider af året, hvor der lokalt kan være for tørt til, at brugen af zinksilikat er en reel mulighed (figur 1). En anden ulempe ved zinksilikater er deres porøse natur. Den porøse natur skyldes det høje indhold af zinkpulver, og det kan i visse tilfælde give pustninger, små luftbobler i det efterfølgende malingslag, når zinksilikatet overmales. Ofte vil en zinkholdig maling indgå som grundingsmaling (det første lag maling på stålet i typisk 60-80 µm tykkelse) i et større malingsystem, måske bestående af 3 eller 4 lag maling i alt. Kun i visse tilfælde vil man lade en zinksilikat stå som det eneste malingslag (f.eks. indvendigt i stålranke, der skal indeholde visse organiske opløsningsmidler). Så vil porøsiteten i filmen med tiden blive udfyldt af zinkkorrosionsprodukter, som forstærker barrieren. Man vil aldrig anvende zinksilikat, hvor det direkte kan udsættes for alkalisk eller surt miljø, da zink og zinkoxider opløses hurtigt uden for pH-neutralt område.

Zinkepoxy

Et rigtig godt alternativ til zinksilikat er zinkepoxy. Da de første zinksilikater dukkede frem, benyttede man sig især af

	Binding til stålet	Emnets størrelse	Forberedelse af substrat	Betingelser under påføring	Over-maling	Rust-beskyttelse	Temperaturbestandighed
Varmgalvanisering	Jern-zink legering	Begrænset	Krævende proces	Kræver en smelte af zink (420°C)	Relativt krævende	Bedst	Meget høj (ca. 420°C)
Termisk sprøjtemetallisering	Mekanisk	Ej begrænset	Forholdsvis krævende	Kræver specielt sprøjteudstyr	Krævende	Meget god	Meget høj (ca. 420°C)
Zinksilikat (uorganisk)	Kemisk binding til mellem jernoxid og silikamatricen	Ej begrænset	Forholdsvis krævende	Kræver >50 % RH for at hærde	Krævende	Meget god	Meget høj (ca. 420°C)
Zinkepoxy (organisk)	Fysisk binding mellem jernoxid og binder	Ej begrænset	Mindre krævende	Hærder ved de fleste atmosfæriske betingelser	Ej krævende	God	Relativ høj (ca. 160°C)

Tabel 1. Egenskaber ved varmgalvanisering, sprøjtemetallisering og zinkholdig maling.

oliebaserede bindersystemer i maling, men oliebaserede bindere nedbrydes af zink og zinkoxider pga. af disses alkaliske natur, hvorfor man ikke før den tid fremstillede organiske zinkmalinger. Fremkomsten af mere robuste organiske bindersystemer, som f.eks. klorineret gummi, gjorde det muligt også at formulere organiske zinkholdige malinger, som et alternativ til zink-

silikat, og man kunne dermed slippe for efterhærdningen i ovn. I dag anvendes næsten udelukkende 2-komponent epoxy som binder i organisk zinkmaling. Zinkepoxy formuleres også med et højt indhold af zink [3,4], dog ikke så højt som i zinksilikat, og korrosionsbeskyttelsen med zinksilikat anses bl.a. af den grund for at være bedre end med zinkepoxy. Temperaturbestan-



DG SAFETY CAPS

Ny standard for professionel håndtering af aggressive vædske til øget sikkerhed for laboratoriets personale

- Et særligt tætsluttende lukke-system
- Kun det meget kemisk resistente PFTE-materiale er i direkte kontakt med media
- En-vejs ventil og aktivt carbon filter modvirker gasudslip
- Ingen kontaminering af indholdet med støvpartikler
- Særlig velegnet til opløsningsmidler, HPLC og lignende processer med DURAN® pressure plus flasker (-1/+1,5 bar)

www.duran-group.com

Kontakt i Skandinavien:
SCHOTT Scandinavia A/S
Tel. +45 4348 0883
E-mail: peter.ludvigsen@schott.com

 **DURAN GROUP**
magic of precision

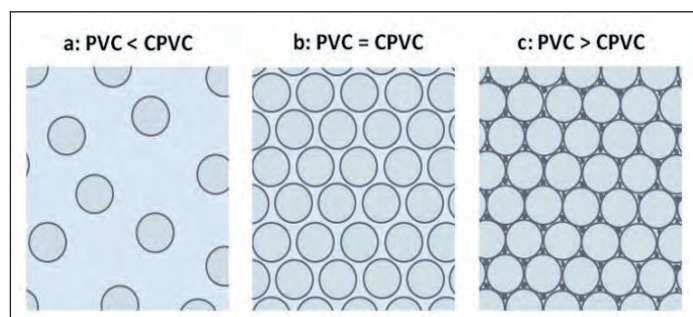
digheden for zinkepoxy er noget lavere end for zinksilikat og er begrænset til epoxybinderens temperaturrestans (ca. 160°C). Til trods for zinksilikaternes ypperlige korrosionsbeskyttelse (og varmebestandighed) har zinkepoxy de senere år fået mere og mere opmærksomhed [5]. Det kan forklares med, at zinkepoxy er langt mindre krævende at arbejde med, også mht. påføringsbetingelserne, sammenlignet med zinksilikat. Zinkepoxy kræver, i modsætning til zinksilikat, ikke fugt for at hærde, og desuden er zinkepoxy ikke porøs og kan nemt overmales. Derfor er zinkepoxy meget attraktiv ved f.eks. vedligehold og/eller ved nybygning, hvor de klimatiske forhold under malerarbejdet ikke tillader brugen af zinksilikat, og hvor der ikke er brug for zinksilikatets høje varmebestandighed.

Begge malingstyper kræver sandblæsning af stålet som forbehandling.

Tabel 1 skitserer nogle af nøgleegenskaberne for de to malingstyper, zinksilikat og zinkepoxy og sammenlignes med varmgalvanisering og sprøjtmetallisering.

Virkemåden af zinkholdig maling

Den grundlæggende idé med en zinkholdig maling er, at den skal yde katodisk beskyttelse, så snart malingssystemet udsættes for en skade, der blotlægger ståloverfladen [5]. Da zink er mindre ædelt end stål, vil det korrodere (være anode) og gøre stålet til katode. For at stålet beskyttes katodisk skal det elektrokemiske potentiale trækkes under ca. -850 mV (vs. standard calomel elektroden, SCE). Det elektrokemiske potentiale er et blandingspotentiale bestemt af korrosionspotentialet af zink (-1050 mV vs. SCE) og stål (-650 mV vs. SCE) samt det blottede areal af zink og stål. I zinkholdig maling ligger zinken som partikler, altså i en diskontinueret fase. Dermed er udfordringen i en zinkmaling at skabe og bevare en god kontakt indbyrdes, mellem zinkpartiklerne og mellem zinkpartiklerne og stålet, for at den skal yde god galvanisk beskyttelse. Ved den galvaniske proces forbruges den metalliske zink, og der dannes zinkoxid og andre salte, som virker isolerende. Fænomenet kaldes passivering. Resultatet er, at en zinkholdig maling ikke kan yde evig galvanisk beskyttelse, men effekten forsvinder i takt med, at zinken opbruges. Man kan sammenligne det med et batteri, som dør ud. Heldigvis har zinkmalinger den evne, at korrosionsprodukterne kan fælde ud og dermed delvist "lappe" på skaden, også kaldet efter-katodisk beskyttelse [4,5].



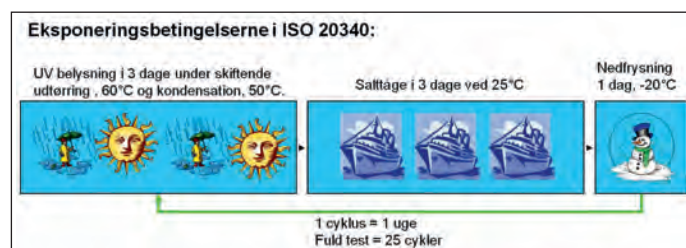
Figur 2. Skitsen illustrerer en maling formuleret med en pigment-volumen-koncentration, PVC henholdsvis under:
a: CPVC, den kritiske pigment-volumen-koncentration, b: ved CPVC og c: over CPVC. Ved PVC < CPVC er der overskud af binder til at befugte pigmentkornene, hvilket giver en stærk sammenhængskraft i filmen, men pigmentkornene er mere isolerede fra hinanden, ved PVC = CPVC er der akkurat binder nok til at befugte pigmentkornene og ved PVC > CPVC er der underskud af binder, hvilket giver en svagere og porøs malingsfilm, men pigmentkornene er i god kontakt med hinanden.

Zinkholdig maling formuleres som før nævnt med et meget højt indhold af zinkpulver; alt fra ca. 65 vægt% til lidt mere end 90 vægt% i den tørre malingsfilm. Det anvendte zinkpulver har typisk en middelpartikelstørrelse på mellem 5 og 20 µm. Ofte er pigmentandelen (PVC) så høj, at man befinder sig tæt ved den såkaldte kritiske pigment-volumen-koncentration [5] (engelsk: CPVC, Critical Pigment Volume Concentration), (figur 2). CPVC defineres som den maksimale mængde pigment, der kan være til stede og samtidig være helt befugtet af binderen. Et PVC under CPVC betyder, at der er overskud af binder, hvilket giver en stærk malingsfilm. Samtidig bevirker overskuddet af binder højere elektrisk isolering og dermed for lav galvanisk kontakt mellem zinkpartiklerne. Omvendt betyder et PVC over CPVC, at der er underskud af binder til at befugte zinkpigmenterne fuldt ud. Det betyder, at sammenhængskraften i malingsfilmen bliver svækket, men til gengæld skabes der en bedre galvanisk kontakt mellem zinkpartiklerne. Generelt vil maling ikke formuleres over CPVC pga. den svækkede sammenhængsstyrke og porøsitet i filmen. Det kan dog lade sig gøre i zinksilikat, da zinkpulveret skaber en stærk kemisk binding med silikat. Porøsiteten i zinksilikat bliver enten fyldt med binder fra det næste malingslag (hvis zinksilikatet overmales) eller som før nævnt af zinkkorrosionsprodukter, hvis zinksilikatet ikke overmales. I zinkepoxy er man nødt til at ligge komfortabelt under CPVC, da sammenhængskraften i denne type maling ellers bliver for svag – der skabes kun fysisk binding mellem epoxybinderen og zinkpartiklerne.

Zinkepoxyers gode allroundanvendelse mht. påføring og hærkning er, som før nævnt, meget attraktiv, og der udvikles derfor til stadighed på zinkepoxyers evne til at yde endnu bedre galvanisk beskyttelse.

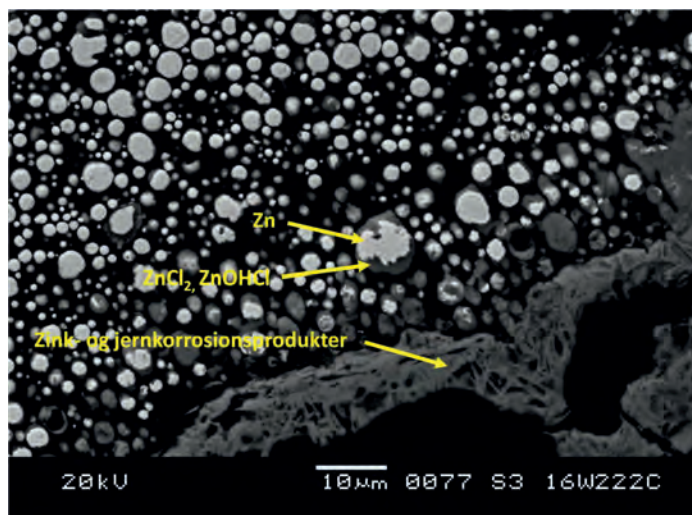
Hvordan testes zinkholdige malinger i laboratoriet ?

Nøglen til at udvikle nye og bedre zinkholdige malinger er en forståelse af de grundlæggende principper for malingsens

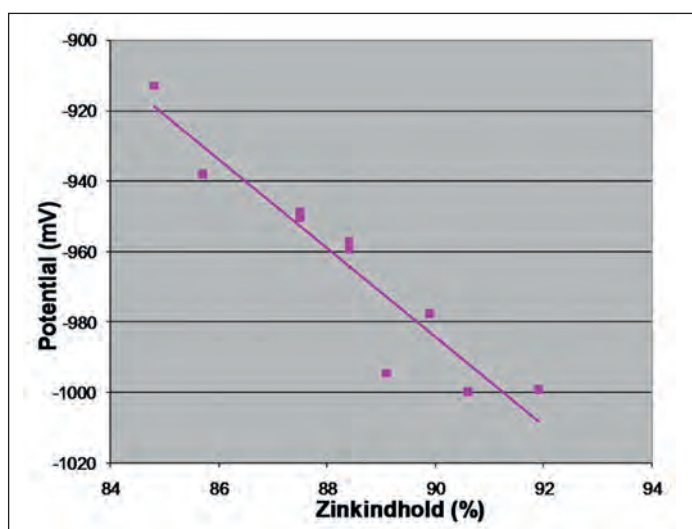


Figur 3. Skitsen illustrerer den cykliske ISO 20340 eksponering, som ofte benyttes til at teste antikorrosive malingssystemer til brug i offshoremiljø. En cyklus består af 3 dage i UV-belysning med skiftende udtørring og kondensation (hver periode med en varighed af 4 timer). Derefter sættes systemet 3 dage i et salttågekammer og sluttes af med en bratkøling til -20°C, hvor det opbevares i 1 døgn, indtil cyklen repeteres. I alt foretages 25 cykler i denne test, og rustudviklingen omkring den kunstige skade vurderes kvantitativt med en lineal.

virkemåde samt de malingsformulatoriske muligheder og begrænsninger, der foreligger. Samtidigt er der brug for en måde at detektere forskelle og især forbedringer på. Man skal huske på, at malingssystemer med zinkholdige grundere til brug i offshoremiljø designs til at kunne holde i måske 15-20 år, og de bedste malinger vil slet ikke vise tegn på nedbrydning i mange år selv i det miljø. Derfor bruges der ofte accelererede testmetoder, som kan fremskynde nedbrydningen af malingssystemerne, når der udvikles nye malinger i laboratoriet. Ingen af disse accelererede testmetoder beskriver virkeligheden præcis, som den



Figur 4. Billedet forestiller et scanning elektron mikroskopi (SEM) af rustudviklingen i området omkring ridsen, der blev foretaget i malingsystemet før eksponering i ISO 20340. Man kan se, at der er opbygget zink- og jernkorrosionsprodukter under malingsfilmen (nederst i billedet). De lyse partikler (de tunge) er metallisk zink, og man kan se, at de partikler, der har været tættest på ståloverfladen, er helt eller delvist reageret og er skiftet til en mørkere farve. Det eksempel illustrerer, at der faktisk er en meget stor del af zinken i denne maling, der ikke har reageret og dermed udvist galvanisk beskyttelse. Det optimale er naturligvis, at al zink skal være reageret, før der dannes rust under filmen. Billedet og analysen er foretaget i samarbejde med IPL, DTU.



Figur 5. I figuren er afbildet det elektrokemiske potentiale mod zinkindholdet i en række zinkepoxier. Jo højere zinkindhold, des lavere potentiale og dermed bedre galvanisk beskyttelse.

er. De metoder, som oftest anvendes, er dem, der kvantificerer rustudviklingen (med en lineal) omkring en kunstig skade foretaget som en ridse gennem malingen ned til stålet. Se f.eks. ISO 20340:2003 [6] standarden, som bl.a. beskriver en cyklisk eksponering i 6 måneder i et vekslende miljø bestående af salttåge, kondensering, udtørring og bratkøling for et malingsystem, som skal anvendes på stål i offshoremiljø. Figur 3 skitserer eksponeringsforløbet i testen. Kun de bedste malingsystemer viser en lav rustudvikling, dvs. maksimalt et par mm rustkryb. Olie-selskaber anvender i øvrigt denne form for testprotokoller til at godkende malingsleverandører.

Scanning electron mikroskopi (SEM) er et mere detaljeret analyseværktøj, som kan anvendes til at undersøge, hvor godt zinken er udnyttet efter en accelereret laboratorieeksponering. Man kan få information om de korrosionsprodukter, der er

Den rigtige opvaskeløsning kan løse mange forskellige opgaver



Miele's store opvaskemaskiner kombinerer stor fleksibilitet og stor effektivitet.

Oplagt valg, hvor én eller flere maskiner skal betjene flere laboratorier med forskellige krav.

Og der er mange flere fordele:

- Opfylder de øgede krav til dokumentation, validering og overvågning
- Dokumentation kan udskrives, eller via ethernet overføres til server eller lagres i en åben XLM-fil i en Net-box
- Altid ensartet resultat muligt med ledningsevne måler LFM, der er integreret i maskinen
- Sikkerhed for optimal rengøring med overvågning af dosering der tager hensyn til vaskemidlets viskositet
- Fleksibel anvendelse med stort udvalg af indsatser
- De største en- eller to-dørsmodel til indbygning

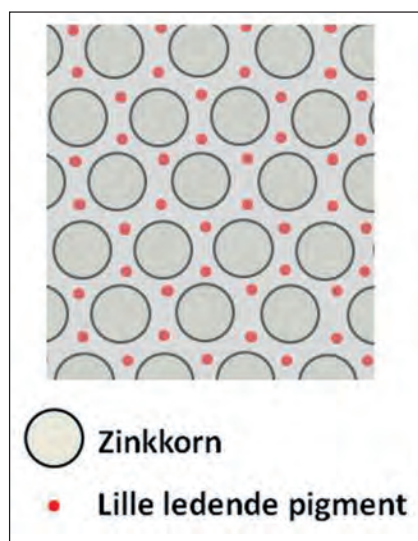
Vores specialister hjælper gerne med at analysere jeres opvaskebehov. Ring 43 27 15 00.

Erhvervsvej 2, 2600 Glostrup,
tlf.: 43 27 15 00, email: professional@miele.dk

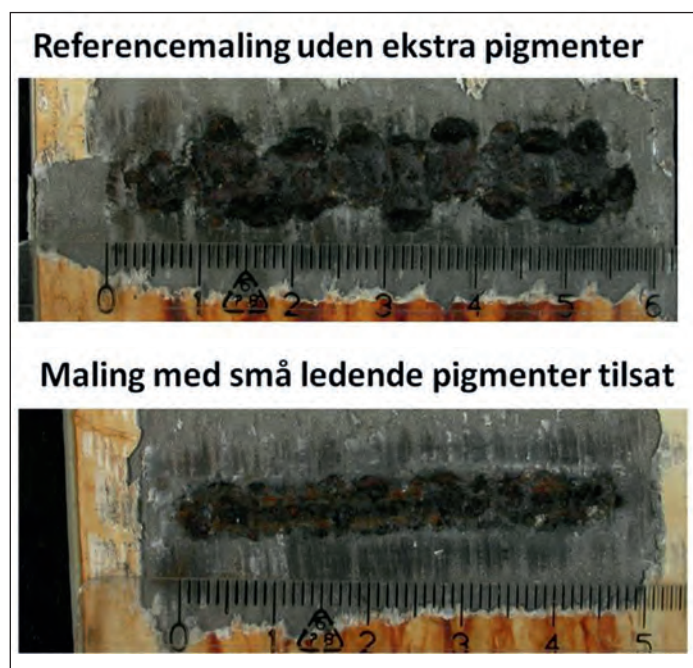
Miele
PROFESSIONAL

dannet under nedbrydningen, og SEM er dermed et stærkt værktøj i udviklingsarbejdet, f.eks. inden for arbejdet med optimering. Figur 4 viser et eksempel på en SEM-optagelse, hvor rustudviklingen i området omkring ridsen i et malingssystem, der har været eksponeret efter ISO 20340, er undersøgt. Eksemplet viser en maling, hvor zinken ikke er udnyttet optimalt, da kun en lille andel af zinken i malingen har deltaget i den katodiske beskyttelse. Denne information havde man ikke fået, hvis man blot havde kvantificeret rustkrybet efter ISO 20340.

En anden indirekte laboratoriemetode til at undersøge en zinkmalings ydeevne på er at måle dens evne til at yde galvanisk beskyttelse. Det kan f.eks. gøres ved at måle det elektrokemiske potentiale af et malet stålpanel neddyppet i saltvand [7]. Heller ikke denne metode beskriver virkeligheden eller levetiden af malingssystemet som sådan, men giver en indika-



Figur 6. Et eksempel på, hvordan den galvaniske kontakt er forbedret i en zinkepoxy. Små ledende pigmenter er tilsat malingen og pakker sig mellem de større zinkkorn. Det forøger den galvaniske kontakt i malingen.



Figur 7. Ved at tilsætte små ledende pigmenter, der kan pakke mellem de større zinkkorn, opnås en væsentlig bedre galvanisk kontakt i zinkepoxyen. De to malingssystemer har været eksponeret i ISO 20340 cyklus, og efter 6 måneder er malingen omkring ridsen fjernet og rustudviklingen vurderet. Rustkrybet er næsten halveret ved at tilsætte de små pigmenter til malingen.

tion af, hvor god den galvaniske kontakt er i systemet, og hvor længe den kan forventes at holde. Figur 5 viser potentialet for en række zinkepoxier med forskelligt indhold af zink. Jo højere zinkindhold, des lavere potentiale og dermed bedre galvanisk beskyttelse.

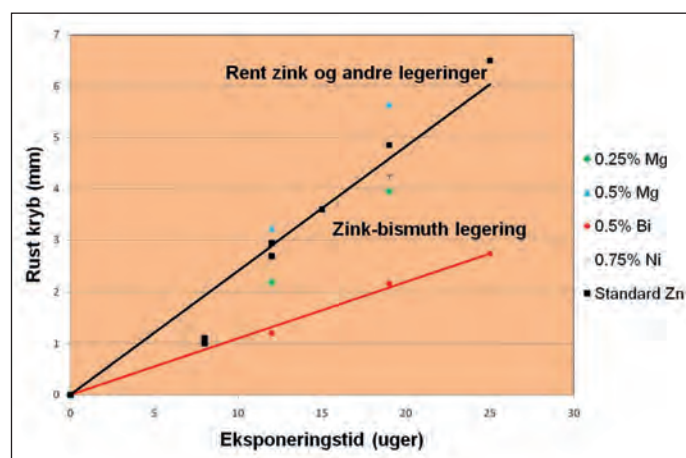
Eksempler på optimerede zinkmalinger

Som tidligere nævnt formuleres zinkmalinger typisk omkring CPVC for at skabe en god galvanisk kontakt i malingen. Det er en svær balance at opnå en malingsfilm, der er stærk nok og samtidig har et højt nok indhold af zink til at skabe den galvaniske kontakt. En anden vigtig faktor er prisen på zinkpulver. Prisen er høj; stort set bestemmende for produktionsprisen af zinkmaling. Det er derfor også en klar motivation at nedbringe zinkindholdet, hvis det kan gøres uden at gå på kompromis med korrosionsbeskyttelsen. Lykkes det at få zinkepoxy til at give en lige så god korrosionsbeskyttelse som zinksilikat, kan den type overtage en stor del af markedet, hvor silikat ellers anvendes. Her vises to eksempler på metoder til forbedring af korrosionsbeskyttelsen af en zinkepoxy.

Man kan pakke mere zink i en epoxymaling uden at overskride CPVC og dermed svække sammenhængskraften ved at benytte en bredere fordeling eller f.eks. to størrelsesfordelinger. I figur 6 vises en zinkepoxy, som hovedsageligt indeholder en bestemt størrelse zink, men hvor ca. 3% af zinken er erstattet af en mængde meget små ($<< 1 \mu\text{m}$ i diameter) elektrisk ledende pigmenter. Denne zinkepoxy er resultatet af et eksamensarbejde, hvor også andre tilsætningspigmenter blev undersøgt, bl.a. flager og fibre [8]. De små ledende pigmenter pakker sig mellem de større zinkkorn, og hjælper med at forøge den galvaniske kontakt mellem zinkkornene. De små ledende partikler er endda billigere end zinkpulveret, som de erstatter. Den signifikant forbedrede rustkrybsmodstand er illustreret i figur 7.

I det andet eksempel er strategien at reducere passiveringen af zinkpartiklerne. Der er benyttet en zinklegering med et lille indhold af bismuth i zinkpulveret, en metode som nu er patenteret [9]. Resultatet af at benytte denne legering i stedet for rent zink eller andre legeringer er en klart lavere rustudvikling (figur 8).

De to ovennævnte zinkepoxier er blot eksempler på, hvordan



Figur 8. Figuren viser rustudviklingen for en række zinkepoxier, hvor det anvendte zinkpulver har været enten rent zink eller forskellige zinklegeringer. Zink-bismuth-legeringen adskiller sig klart fra de andre typer ved at have et signifikant lavere rustkryb. Forklaringen bag dette fænomen er sandsynligvis, at overfladen af bismuth-legeringen ikke passiverer, og dermed holder malingen sig galvanisk aktiv i længere tid.

Industriel udvikling af antikorrosive maling

Hempel A/S har siden 1915 fremstillet og udviklet industri-maling, deriblandt antikorrosive maling. En meget vigtig del af udviklingsarbejdet ligger i forståelsen af malingernes virkemåde; dette bakket op af 8 udviklingslaboratorier placeret forskellige steder i verden og med den rette formulerings ekspertise og det rette afprøvningsudstyr. En anden vigtig faktor er det givtige samarbejde med bl.a. DTU, som kan byde ind med eksamensprojekt- og ph.d.-studerende, der arbejder i dybden med de komplicerede kemiske problemstillinger. Til gengæld tilbyder Hempel A/S rammerne om en spændende malingsverden, der involverer næsten alt fra kolloid- og grænsefladeteori, elektrokemi, polymerteknologi til kemisk reaktionsteknik.

man med basis i viden omkring den grundlæggende virkemåde kan foretage klare forbedringer. Der arbejdes til stadighed med at udvikle effektive zinkmaling, og der findes med sikkerhed også mange andre uafprøvede muligheder.

Konklusion og diskussion

Ideen med denne artikel er at give et kort indblik i, hvordan en maling med zinkpulver kan give en effektiv korrosionsbeskyttelse. Det gøres ved at kombinere barriereeffekt med en galvanisk beskyttelse. Nøglen til at udvikle nye og bedre zinkmaling er forståelsen af de grundlæggende principper for malings virkemåde samt de malingsformulatoriske muligheder og begrænsninger.

Zinkepoxiers gode allroundanvendelse mht. påføring og hærkning gør dem meget attraktive. Kan man få en zinkepoxy til at give en lige så god korrosionsbeskyttelse som et zinksilikat, kan den overtage en stor del af markedet.

Der arbejdes til stadighed med at gøre zinkepoxys korrosionsbeskyttelse lige så god som en zinksilikat. Med de nyeste tiltag er de tæt på at yde den samme beskyttelse, men der arbejdes stadig med optimering, ikke mindst prismæssigt.

Mulighederne ligger der. Det kræver gode kreative kemikertanker, men det vil belønne både miljøet og pengepungen, hvis man udnytter ressourcerne bedre.

E-mail-adresse

Claus E. Weinell: cwe@hempel.com

Referencer

1. Sørensen, P. A., Kiil, S., Dam-Johansen, K., Weinell, C.E. (2009), Anticorrosive coatings – a review, J. Coat. Technol. Res. 6, 135-176.
2. Munger, C.G., (1994), The chemistry of zinc silicate coatings, Vol 41/6, Corrosion prevention & control, ISSN:0010-9371,
3. Hare, C.H. (1994), Protective coatings – Fundamentals of chemistry and composition, SSPC 94-17.
4. Hare, C.H., Steele, M. Collins, S.P. (2001), Zinc loadings, cathodic protection and post-cathodic protective mechanisms in organic zinc-rich primers, JPCL, pp 54-72.
5. Weinell, C.E. Rasmussen, S.N., (2007), Advancement in zinc rich epoxy primers for corrosion protection, NACE Corrosion2007, paper no. 07007, Nashville, USA.
6. ISO 20340:2003 – issued by the international organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
7. Knudsen, O. O, Steinsmo, U., Bjordal, M. (2005), Zinc-rich primers – Test performance and electrochemical properties, Prog. Org. Coat. 54, 224-229.
8. Bork, U. (2005), Zinc epoxy for corrosion protection, B.Sc thesis, Department of Chemical Engineering, Technical University of Denmark.
9. Weinell, C.E. et al. (2008), Coating compositions comprising Bismuth-alloyed Zinc, Patent application WO 2008/125610.



Contract Laboratory

Chemical and microbiological GMP analyses and ISO 17025 accredited analyses

Pharmacopoeia analyses

Method development

Method validation

Cleaning validation

Stability testing

Photo stability testing

Probiotic testing



DB Lab A/S
Tel: +45 6593 2920
dmlab@dblab.dk
www.dmlab.dk

DENIOS
MILJØBESKYTTELSE OG SIKKERHED

Ekklusiv hos DENIOS:

- det største udvalg af produkter til miljøbeskyttelse og sikkerhed
- professionel rådgivning i overensstemmelse med gældende bestemmelser
- perfekte specialløsninger



På rette vej med sikkerhed:

Gennem mere end 20 år har DENIOS været banebrydende indenfor industriel miljøbeskyttelse og arbejdsikkerhed.

Vores produkter gennemgår strenge kvalitetskontroller – selvfølgelig også med hensyn til regler, godkendelser og dokumentationer. DENIOS' ingeniører garanterer en kompetent og individuel rådgivning, personlig tilpasning og hurtig service til enhver tid.



DENIOS ApS • Dannevirkevej 6 • 7000 Fredericia • Tlf. 76 24 40 80
info@denios.dk • www.denios.dk