

Brancheindsats for produktkæden "Korrosionshindrende overfladebehandling af store stålkonstruktioner og skibe"

- Automatiseret malingspåføring til vindmølletårne
- Udvikling af alternative påføringsmetoder
- Informationsprojekt. Tillæg til ISO 12944

Vibeke Piper
Foreningen af Danske Overfladebehandlingsvirksomheder

Oluf Lauridsen
DSSM

Peter Svane og Lisbet Jensen
Overfladeteknik, Maleteknisk Rådgivning ApS

Simon Gylling
FDLF

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 INDLEDNING	11
1.1. BAGGRUND	11
1.2. FORNYEDE DRØFTELSER I BRANCHEN.	12
2 BRANCHEN GENERELT	13
2.1 TRADITIONER	13
2.2 KONKURRENCE	13
2.3 OMRÅDETS UDVIKLING I HOVEDTRÆK	13
2.4 INFORMATION	14
3 KORTLÆGNING AF VINDMØLLEINDUSTRIEN	15
3.1 BESKRIVELSE AF HEAVY-DUTY BRANCHEN	15
3.2 UDFØRENDE INDUSTRI	15
3.3 MALINGLEVERANDØRER	16
3.4 UDSTYRSLEVERANDØRER	16
4 MILJØ- OG ARBEJDSMILJØBELASTNINGER	17
5 UDVIKLING AF AUTOMATISERET MALINGSPÅFØRING TIL VINDMØLLETÅRNE - DELPROJEKT 1	19
5.1 INDLEDNING	19
5.2 INTERESSEANALYSE	19
5.3 SAMMENFATTENDE VURDERING	20
5.4 DELPROJEKTETS DELTAGERE	20
5.5 DELPROJEKTETS FORMÅL	20
5.6 FORSØGSOPSTILLING:	21
5.7 FORSØG MED DYSER	22
5.7.1 Konklusion	22
5.8 INSTALLATION OG INDKØRING AF ANLÆGGENE	22
5.8.1 Evaluering af driften i det færdige anlæg	23
5.9 FASTLÆGGELSE AF SPRØJTESYSTEMATIK	23
5.10 PÅFØRING AF 3 LAG MALINGER I ET SAMLET SYSTEM PÅ PRØVESEKTIONEN IMENS SEKTIONEN ROTEREDE	23
5.10.1 Konklusion af forsøgsopstilling	24
6 UDVIKLING AF ALTERNATIVE PÅFØRINGSMETODER - DELPROJEKT 2	25
6.1 HEAVY DUTY, DELPROJEKT 2 - PÅFØRINGSMETODER	25
6.2 DELPROJEKTETS FORMÅL	25
6.3 OVERVEJELSER	26

6.4	UDSTYR OG MATERIALER	27
6.5	FORSØG	28
	6.5.1 Rullepåføring	29
	6.5.2 Sprøjtepåføring og overgydning	30
6.6	KONKLUSION	32
7	INFORMATIONSPROJEKT - TILLÆG TIL ISO 12944 – DELPROJEKT 3	33
7.1	PROJEKTGRUPPEN BESTÅR AF	33
7.2	DELPROJEKT 3 - INFORMATIONSPROJEKT	33
8	DIVERSE HENVISNINGER	35
Bilag A	Måle resultater: Målt på prøveemnet	37
Bilag B	Måle resultater: Målt på prøveemnet. 3 højeste og 3 laveste målinger udfaset	39
Bilag C	Eksempelsamling	41
Bilag D	Korrosionshindring kan også være miljøvenlig	53
Bilag E	Malingstyper til broer	71
Bilag F	Malingstyper til vindmøller, vinger og tårne	73
Bilag G	Malingstyper til skibe	77
Bilag H	Malingstyper til tanke	81

Forord

Under henvisning til Miljøstyrelsens prioriteringsplan for renere produkter 2003:

”Innovation og spredning af miljøvenlige produkter – igangsatte man med støtte fra Miljøstyrelsen en brancheindsats for produktkæden

” ***Korrosionshindrende overfladebehandling af store stålkonstruktioner og skibe***”.

Korrosionshindrende overfladebehandling af store stålkonstruktioner er nødvendig men omkostningskrævende og både miljømæssigt og arbejdsmiljømæssigt belastende. På grund af de store værdier, der her skal beskyttes mod rust, er udviklingen af materialevalg og processer tøvende og temmelig konservativ.

I januar 2006 blev det efter aftale med Miljøstyrelsen og nedennævnte projektdeltagere enighed om alene at lade hovedprojektet koncentrere sig om ” ***Udvikling af mobilt robotanlæg til automatiseret påføring af maling udvendig på vindmøletårne***”.

Projektdeltagere

Projektdeltagerene er 4 brancheforeninger, som omfatter hele kæden fra producenter af malevarer, over leverandører af udstyr til påføring af maling, entreprenører, frem til brugere af korrosionshindrende malebehandling:

- Foreningen af Danske Overfladebehandlingsvirksomheder FDO
- Sandblåse- og Maleentreprenørernes Brancheforening SME
- Maleudstørs- og anlægsleverandørernes Brancheforening MAB
- Foreningen for Danmarks Farve- og Lakindustri FDFL

Konsortiet af brancheforeninger betegnes i det efterfølgende ”heavy-duty branchen”.

Foreningen af Danske Overfladebehandlingsvirksomheder (FDO) ved chefkonsulent Vibeke Piper, DI har været projektleder på projektet.

Rapporten er udarbejdet af chefkonsulent Vibeke Piper i samarbejde med projektlederne i de 3 delprojekter udviklingschef Oluf Lauridsen DSSM, Peter Svane og Lisbet Jensen fra Overfladeteknik, Maleteknisk Rådgivning ApS og konsulent Simon Gylling FDLF.

Sammenfatning og konklusioner

Projektets formål er overordnet at fremme brugen af mindre miljø og arbejdsmiljøbelastende materialer og metoder inden for heavy-duty branchen. Målet er fremmet i et samarbejde mellem producenter af maling, producenter af påføringsudstyr, maleentreprenører og brugere.

Det konkrete formål med dette projekt er:

- Udvikling af mobilt robotanlæg til automatiseret påføring af maling udvendigt på vindmøletårne, som skal medføre besparelse på malingsforbruget, reduktion i udledning af opløsningsmidler, reduktion af energiforbrug, reduktion af arbejdsmiljøbelastende arbejdstid og ensartet høj kvalitet.
- Udvikling af påføringsmetoder som kan benyttes ved automatiseret malingspåføring på vindmøletårne.
- Informationsprojekt og tillæg til ISO 12.944.

Konklusion delprojekt 1 – Automatiseret malingspåføring til vindmøletårne

- Det samlede resultat af forsøgopstillingerne indikerede, at der var umiddelbare fordele ved anvendelse af robotter til påføring af malinger.
- Projektet har vist, at indvendig påføring af maling på møletårne også er muligt med mobilt robotanlæg.
- Det giver en ensartet påføring.
- Der er store besparelser på malingsforbruget, og det giver en kalkuleret årlig besparelse på godt 90.000 kg opløsningsmidler i påvirkning på miljøet. Dette svarer til en besparelse på ca. 40%. De sparede mængder malinger giver herudover en reduktion i forurening ved en mindre produktion og færre transporterede liter. Tallet baserer sig på en årlig produktion på 840.000 m² fordelt på 50% udført efter et C3 system, og 50% efter C4 system efter DS/EN ISO 12944.
- Der er store arbejdsmiljøforbedringer, da ingen overflader males i hånden udover udstikninger.

Et færdigudviklet anlæg til overfladebehandling af tårnsektioner til vindmøller er nu installeret. Anlægget, der er procesautomatiseret, er det første af sin art i verden. Det af Miljøstyrelsen støttede projekt har medført efterfølgende projekt og investering i fuld skala hos DS SM A/S i Rødekro.

Konklusion delprojekt 2 – Udvikling af alternative påføringsmetoder

Forsøg med de 6 forskellige påføringsprincipper, valsepåføring, tæppelakering, rullepåføring, traditionel airless sprøjtning, Airmix sprøjtning og overgydning har vist, at der er miljøvenlige alternativer til traditionel airless påføring af maling, og at processen kan automatiseres med et meget enkelt udstyr.

Det har vist sig, at den enkleste vej fremad vil være at benytte en form for Airmix sprøjtning med så stor dyse og så lavt materialetryk som muligt. Dette princip vil være en miljømæssig og tilsvarende økonomisk gevinst på minimum 20% ved at skifte fra airless til Airmix-sprøjtning på grund af forbedret overføringseffektivitet (mindre forbisprøjt). Ved automatisk påføring opnås en jævnere lagtykkelse end ved manuelt arbejde.

De arbejdsmiløjmæssige fordele ved at skifte fra manuel sprøgetpåføring til automatisk overfladebehandling er indlysende.

Konklusion delprojekt 3 – Informationsprojekt, Tillæg til ISO 12944

Der er udviklet en eksempelsamling på mere miljøvenlige malingsystemer. Ek eksempelsamlingen er generisk og er udkommet i efteråret 2009 fra DS forlag, som et DS Hæfte til ISO Standard 12944 - 5.

Som et supplement til DS Hæftet er der udviklet ti caseeksempler, som både omhandler hvilke miljø- og arbejdsmiljø fordele men også ulemper, der kan være ved brug af forskellige vandige malingsystemer.

For at få en større forståelse af, hvor og hvordan anvendelse af miljøvenlig maling til store konstruktioner som broer, tanke, master, skibe m.v. er mulig, er der udarbejdet et bilag (D) ” Korrosionshindring kan også være miljøvenlig”, der beskriver hvilke overordnede krav der skal stilles til malingsystemerne. I nogle tilfælde er det muligt at vælge et rent vandigt system, i andre skal der måske bruges et opløsningsmiddelfrit system eller et system med et lavt indhold af opløsningsmiddel.

Alle projektets formål er opnået.

Summary and conclusions

The objective of the project is primarily to promote the use of more environmentally friendly and working environment friendly materials and methods in the heavy duty industry. The objective has been advanced in cooperation with paint producers, application equipment producers, painting contractors and consumers.

The specific objective with this project is:

- The development of a mobile robotic plant for automated application of paint to the exterior of wind turbine towers that will result in savings in consumption of paint, reduction in the emission of solvents, reduction in energy consumption, reduction of working time harmful to the working environment and in a uniformly high quality.
- The development of application methods which can be used for automated application of paint to the wind turbine towers.
- Information project and supplement to ISO 12.944.

Conclusion part project 1 – Automated application of paints to wind turbine towers

- The final result of the test setup indicated that there were immediate advantages by using robots for the application of paints.
- The project has shown that the internal application of paints to wind towers is also possible with mobile robots.
- This will give a uniform application.
- There are significant savings to be made in the consumption of paint and this will give a calculated annual saving of approximately 90,000 kg solvents having an impact on the environment. This is the equivalent of a saving of approx. 40%. The paint saved will also give a reduction in pollution through less production and fewer litres of paint transported. The figure is based on an annual production of 840,000 sq. metres distributed over 50% completed according to a C3 system and 50% according to a C4 system in accordance with DS/EN ISO 12944.
- There are significant improvements in the working environment since no surfaces are painted by hand apart from protruding areas.

A finished plant for the surface treatment of sections of towers for wind turbines has now been installed. The plant which has been process automated is the first of its kind in the world. The project supported by the Danish Environmental Protection Agency has resulted in the following project and investment on a full scale with DS SM A/S in Rødebro.

Conclusion part project 2 – Development of alternative application methods

Trials with the 6 different application principals, cylinder application, carpet finishing, roller application, traditional airless spraying, Airmix spraying and wetting have shown that there are environmentally friendly alternatives to the traditional airless application of paint, and that the process can be automated using very simple equipment.

It has turned out that the simplest way forward will be to use a type of Airmix spraying with as large a nozzle and as low material pressure as possible. This

principle will give an environmental and correspondingly financial gain of a minimum of 20% by changing from airless to Airmix spraying due to the improved application efficiency (less paint spraying missed). By automated application a smoother thickness is obtained compared to manual application. The advantages in the working environment by changing from manual spraying to automated surface treatment are obvious.

Conclusion part project 3 – Information project, Supplement to ISO 12944

A collection of examples of more environmentally friendly paint systems has been developed. The collection of examples is generic and was published in the autumn of 2009 by DS publishers as a DS leaflet to ISO Standard 12944 – 5.

As a supplement to the DS leaflet, ten case studies have been developed that deal with the advantages both for the environment and for the working environment, but it also deals with the disadvantages there may be in using various water based paint systems.

To acquire a better understanding of where and how the application of environmentally friendly paint for large constructions such as bridges, tanks, masts, ships etc. is possible, an appendix (D) has been compiled “The prevention of corrosion may also be environmentally friendly”, which describes the overriding requirements to the paint application systems. In some cases it is possible to choose a pure water based system, for others maybe a solvent free system or a system with a low solvent content.

All the objectives of the project have been reached.

1 Indledning

Heavy-Duty branchen har i henhold til Miljøstyrelsens prioriteringsplan for renere produkter 2003 "Innovation og spredning af miljøvenlige produkter - Brancheindsats for produktkæde " fået bevilling til dels et forprojekt til projektet "Korrosionshindrende overfladebehandling af store stålkonstruktioner og skibe", og til selve projektet, der består af 3 delprojekter:
Delprojekt 1: Udvikling af mobilt robotanlæg til automatiseret påføring af maling udvendigt på vindmølletårne.
Delprojekt 2: Udvikling af påføringsmetoder.
Delprojekt 3: Informationsprojekt - Tillæg til ISO 12.944.

1.1. Baggrund

I 2000-2001 gennemførte Arbejdstilsynet sammen med Miljøstyrelsen et forprojekt¹ som skulle initiere udvikling af mere arbejdsmiljø- og miljøvenlige processer og produkter inden for forbehandling og malebehandling af store stålkonstruktioner. Heri deltog DO (Danske Overfladebehandlere tidl. Foreningen af Danske Overfladebehandlere – FDO) og Danske Maritime - DMT. Forprojektet pegede på 6 forskellige forslag til undersøgelser af opklarende karakter samt to konkrete udviklingsideer:

Foreslåede undersøgelser i forprojektet i 2001:

1. Sammenlignende forsøg til at belyse økonomien i hhv. tør blæserensning ("sandblæsning") og UHP-rensning (Ultra High Pressure water-jetting).
2. Sammenlignende forsøg til belysning af økonomien i hhv. trykluftdreven blæserensning og mekanisk dreven slyngrensning.
3. Undersøgelser af kontamineringen af overflader, specielt ved genbrug af tørt blæsemiddel; samt betydningen heraf for den efterfølgende malebehandlings beskyttelsesværdi.
4. Vurdering af alternative blæsemidlers miljø- og arbejdsmiljømæssige effekt.
5. Vurdering af håndholdte rensværktøjers ydeevne ved brug på vanskelige detaljer, som ikke kan afrenses med mere eller mindre automatiserede metoder.
6. Bestemmelse af blæsemidlers effekt og optimale brugsparametre dvs. tryk, blæsevinkel og arbejdhastighed.

Udviklingsideer:

1. Udvikling af halvautomatiske robotter til blæserensning og malebehandling (en kabine til montering på en liftarm el.l.).
2. Udvikling af elektrostatisk sprøjtning til brug i fri luft.

1.2 Fornyede drøftelser i branchen.

Forprojektets anbefalinger blev revurderet af den samlede heavy-duty branche repræsenteret ved 5 brancheforeninger:

- Danske Maritime.
- Foreningen af Danske Overfladebehandlingsvirksomheder – FDO (Nu Danske Overfladebehandlere DO).
- Sandblæse- og Maleentreprenørernes Brancheforening SME (Nu Industrilakerernes Landsforening IL).
- Maleudstys- og anlægsleverandørernes Brancheforening MAB.
- Foreningen af Danmarks Farve- og Lakindustri FDLF (Nu Danmarks Farve- og Lakindustri).

De fem brancheforeninger afholdt 3 møder om initiativet, og mellem møderne blev udkast til ansøgningen rundsendt til foreningernes medlemmer for at sikre opbakning og for at føre ansøgningens indhold ajour. Endelig var det afgørende, at der skulle være rimelige udsigter til, at projekterne kunne gennemføres med succes.

Heavy-duty branchen besluttede derfor at søge om støtte til et (mindre) forprojekt, som kan føre de tidligere undersøgelser ajour ved at gennemgå og prioritere de tidligere fremsatte projektideer ud fra en LCA-tankegang.

Derudover ønskede heavy-duty branchen at påvirke specielt de rådgivende ingeniører til brug af mere miljø- og arbejdsmiljøvenlige produkter og metoder gennem en informationsindsats. Denne ide var ny i forhold til det gennemførte forprojekt.

Den endelige beslutning om projektets indhold blev, at projektet skulle indeholde 3 delprojekter:

1. Udvalgt af mobilt robotanlæg til automatiseret påføring af maling udvendigt på vindmøllertårne.
2. Udvalgt af påføringsmetoder.
3. Informationsprojekt - Tillæg til ISO 12.944.

2 Branchen generelt

Heavy-duty branchen er et område, hvor overfladebehandling fortsat domineres af lidet miljøvenlige metoder, materialer og systemer. Det gælder både forbehandling og malebehandling.

Forbehandlingen udføres typisk ved blæserensning - ofte med kvartssand, og blandt malematerialerne dominerer produkter på basis af epoxy og polyurethan; i begge tilfælde fortsat med et vist indhold af opløsningsmidler. Både afrensning og overfladebehandling giver anledning til forurening af omgivelserne samt til arbejdsmiljømæssige problemer.

Branchen er samlet betragtet i vækst, for stålkonstruktioner omfatter både vindmøller og mere almindelige bygningsmæssige konstruktioner som haller og fabrikationsbygninger, der i stadigt stigende omfang udføres i stål. Stålskibe udgør et vigende marked hvad nybygninger angår, men Danmark har en stor og internationalt anerkendt skibsreparationssektor. Især for skibsfarten gælder det, at vedligeholdelse spiller en væsentlig rolle for sikkerheden i erhvervet.

Branchen omsætter pt. for skønsmæssigt 1,3 mia. kr., og beskytter eller vedligeholder værdier for ca. 50 mia. kr. om året ⁱⁱ. Branchens samlede emission af opløsningsmidler udgør 1.300 tons om året ⁱⁱⁱ, hertil kommer spild i form af brugte blæsemidler forurenede med malingrester og antifouling.

2.1 Traditioner

Branchen har tradition for usædvanligt forpligtende garantier lige fra farve- og lakleverandøren frem til den udførende. Den er derfor temmelig tilbageholdende hvad angår eksperimenter med og implementering af nye og renere teknologier og systemer, med mindre disse er omhyggeligt gennemprøvede.

2.2 Konkurrence

Danmark er hårdt trængt af andre lande med lempeligere krav om hensyn til miljø og arbejdsmiljø. Det gælder bl.a. de baltiske stater og det fjerne Østen.

2.3 Områdets udvikling i hovedtræk

I perioden 1980-1985 blev der gennemført en række kortlægnings- og udviklingsprojekter finansieret af Miljøstyrelsen, bl.a. om anvendeligheden af vandige malingsystemer til korrosionshindrende malebehandling ^{iv}, ^v, ^{vi}, ^{vii}, ^{viii}.

Disse arbejder har påvirket farve- og lakfabrikkernes udvikling af mindre miljøbelastende produkter og systemer. Gennemslagskraften i praksis, dvs. hos udførende og brugere inden for heavy-duty branchen har imidlertid været begrænset, og omfatter først og fremmest indførelse af såkaldte

hybridsystemer (kombinationer mellem opløsningsmiddelholdige og opløsningsmiddelfrie malevarer), især til brug ved værkstedsarbejde – i mindre udstrækning ved udendørs overfladebehandling.

I 2000-2001 gennemførte Arbejdstilsynet sammen med Miljøstyrelsen det tidligere nævnte forprojekt (ⁱ). Heri deltog FDO og DMT, men ikke SME, MAB og FDFL. Der var et klart behov for, at FDFL blev inddraget i det videre arbejde, når man betænker de tidligere nævnte traditioner for garantiforpligtelser på området og for engagement af både SME og MAB, da forprojektet netop pegede på udvikling af udstyr til rensning og påføring.

Siden forprojektets afslutning (2000–2003) er der gennemført et EU-projekt ”ECOPAINT” bl.a. med dansk deltagelse af Odense Stålskibsværft A/S, Lindø og Hempel A/S. Projektets formål var at forbedre de miljømæssige forhold ved overfladebehandling af store stålskibe. Projektets resultater er fortlørlige, men ifølge de danske deltagere overlappede arbejdet ikke med nærværende projektansøgning.

2.4 Information

Rensemeter og malingsystemer til skibe og store stålkonstruktioner vælges som tidligere nævnt noget konservativt. Udgangspunktet er den internationale (og danske) standard DS/EN ISO 12.944 ^{ix}, som anfører behandlinger afhængig af hvilke korrosive påvirkninger den pågældende konstruktion skal kunne tåle. De anførte behandlinger er eksempler, men opfattes ofte som forskrifter, fordi den faglige indsigt i området er koncentreret hos farve- og lakfabrikkerne og hos nogle få rådgivere. Der er imidlertid erfaringer fra praksis som demonstrerer, at selv meget krævende stålkonstruktioner kan males med helt vandige malingsystemer ^x. Erfaringerne demonstrerer dog samtidig, at der er flere faldgruber ved brug af de mindre miljøbelastende systemer end ved traditionelle produkter. Det går man imidlertid let hen over i en vejledning udgivet af Industriens Branchearbejdsmiljøråd ^{xi} i 2002, idet vejledningen alene bygger på miljø- og arbejdsmiljømæssige forudsætninger, men hverken inddrager økonomiske eller tekniske aspekter. Denne vejledning er det eneste neutrale informationsmateriale der pt. er tilgængeligt på det danske marked. Den indebærer en betydelig risiko for fejlpositioner, som kan skade de mindre miljø- og arbejdsmiljøbelastende løsningers omdømme. Derfor er der behov for information til en bredere kreds af rådgivende ingeniører om mulighederne for at substituere kendte rensninger og malingsystemer med mindre miljøbelastende løsninger.

3 Kortlægning af Vindmølleindustrien

3.1 Beskrivelse af heavy-duty branchen

Heavy-duty branchen udfører overfladebehandling af store stålkonstruktioner. Branchen kan opdeles i brugerne (udførende), leverandører af udstyr samt leverandører af maling.

Dette projekt drejer sig om overfladebehandling af vindmølleårne, og branchens brugere, d.v.s. virksomheder der udfører overfladebehandling af vindmølleårne er organiseret i følgende organisationer:

- Danske Overfladebehandlere, DO.
- Industrilakerernes Landsforening under Dansk Byggeri, IL.

Leverandører af udstyr er tilknyttet organisationen:

- Maleudstys- og Anlægsleverandørernes Brancheforening, MAB.

Leverandører af maling er medlem i:

- Foreningen af Danmarks Farve- og Larkindustri (FDLF).

3.2 Udførende industri

Vindmølleindustrien er i stadig stigende vækst, og den store internationale fokus på miljørigtig energi er med til at fremme udviklingen af vindmøller og installering af vindmøller i store dele af verden.

Danske vindmølleproducenter har en betydelig andel af verdensmarkedet. Det anslås, på baggrund af Dansk Vindmølleindustri's branchestatistik 2009, at der årligt produceres omkring 1.700 vindmøller i Danmark. Af statistikken fremgår det ligeledes, at omsætningen i vindmøllebranchen de seneste 10 år er steget med 21,3% årligt.

Der er store krav til holdbarheden af malingen og korrosionshæmmende behandling af vindmøllerne. Designlevetiden for en vindmølle er 20 - 25 år. Vedligeholdelse i levetiden består primært i en afvaskning af møllevinger. Branchen vurderer, at der ikke er behov for egentlig vedligeholdelse af overfladebehandlingen, bortset fra pletreparationer.

Vindmølleårne overfladebehandles i lukkede haller under kontrollerede forhold. Forbehandlingen består i en afrensning, typisk med stålgrit. Blæsemidlet kan genbruges 300 - 500 gange. Bortskaffelsen sker sammen med den rust, der fjernes fra overfladen.

Den blæserensede overflade sprøjtemetalliseres med zink.

Overfladebehandlingen foregår manuelt ved airless sprøjtning med epoxybaserede grundmalinger og polyurethan til topcoat; begge typer er 2-komponente og omfattet af særlige regler fra Arbejdstilsynet. De udførende

virksomheder beskæftiger fortrinsvis specialarbejdere, og både ved afrensning og malearbejde er det nødvendigt med omfattende beskyttelsesforanstaltninger, dvs. heldragt og luftforsynet åndedrætsværn.

Forbruget af maling er af størrelsesordenen 0,5 - 0,75 l pr. m² overflade, afhængig af hvor effektivt lagtykkelsen kan styres, og dermed forbruget af maling. Det anslås, at der er tale om et reelt forbrug af størrelsesordenen 1,8 - 2,1 gange det teoretiske forbrug, dvs 80 - 110 % ekstra forbrug af maling.

Det samlede behandlede areal anslås til ca. 1,8 mio. m² for vindmølletårne. Det samlede forbrug af maling til vindmølletårne er af branchen anslået til ca. 1,4 mio. liter pr. år. Forbruget er behæftet med nogen usikkerhed.

Ifølge Vindmølleindustriens branchestatistik er der ca. 26.000 beskæftigede ved udgangen af 2. kvartal 2009 heraf omkring 225 i 2009 i overfladebehandling af vindmølletårne.

3.3 Malingleverandører

Farve- og lakindustrien arbejder med udvikling af mindre miljøbelastende produkter og systemer, men i heavy-duty branchen efterlyses stadig mindre miljøbelastende malingsstyper.

3.4 Udstyrsleverandører

Udstyr til blæserensning og påføring af maling produceres fortrinsvis i udlandet og importeres til Danmark af de virksomheder, der er repræsenteret af MAB - Maleudstys- og anlægsleverandørernes Brancheforening. I produktkæden for den aktuelle brancheindsats er udstyrsleverandørerne nok det led, der hidtil har været svagest med hensyn til miljøbefordrende udvikling. Der sker naturligvis en fortløbende udvikling af udstyr, men kvantespring har der ikke været tale om de seneste 10 - 20 år. Den mest bemærkelsesværdige nyskabelse er renseudstyr, som arbejder med vand i stedet for traditionel blæserensning, dvs. højtryksspuling og Ultra High Pressure (UHP) - udstyr.

4 Miljø- og arbejdsmiljøbelastninger

Miljø og arbejdsmiljøbelastninger i heavy-duty branchen herunder overfladebehandling af vindmølleårne fremgår af forprojektet udarbejdet af Anne Abildgaard og Henrik Frederiksen, Cowi A/S i samarbejde med Peter Svane, Overfladeteknik, Maleteknisk Rådgivning A/S.

I forprojektet blev det konkluderet, at udvikling af en robot til malingspåføring på vindmølleårne vil kunne indebære en betydelig reduktion af malingsforbruget som følge af en nedsættelse af forbi sprøjt og opnåelse af en mere ensartet lagtykkelse samt besparelse på arbejdskraft og brug af værnemidler.

Som andre miljømæssige gevinster blev der peget på mindre forbrug af miljøfremmede stoffer og mindre affaldsmængder til deponering, og på at metoden vil reducere eksponeringen for opløsningsmiddeldampe og andre sundhedsskadelige stoffer.

I forprojektet blev det ligeledes konkluderet, at etablering af et informationssystem med veldokumenterede eksempler vil kunne bidrage til væsentlige miljø- og arbejdsmiljømæssige forbedringer. Ved at sikre at viden om alternative muligheder bliver gjort tilgængelige på en systematisk måde forventes det, at metoderne i højere grad vil finde praktisk anvendelse.

5 Udvikling af automatiseret malingspåføring til vindmølleårne - delprojekt 1

5.1 Indledning

Projektgruppen har peget på, at heavy-duty projektet skulle koncentrere sig om automatisk påføring af maling på vindmølleårne, eller nærmere bestemt udvikling af mobilt robotanlæg til automatiseret påføring af maling udvendig på vindmølleårne.

Vindmølleindustrien er som ovenfor beskrevet i vækst, og en bedre styring af malingspåføringen vil kunne reducere malingforbruget med ca. 50 %, hvis der kan opnås en jævnere lagtykkelse. Overforbrug andrager ca. 50% af det samlede malingsforbrug.

Omkostningerne til malematerialer er betragtelige, så der er potentiale i automatiseret påføring nemlig besparelse i malingsforbrug og en forbedring på det miljø- og arbejdsmiljømæssige område.

Udvikling af en robot til malingspåføring på vindmølleårne vil kunne indebære en betydelig reduktion af malingsforbruget som følge af en nedsættelse af forbrugsprøjt og opnåelse af en mere ensartet lagtykkelse.

5.2 Interesseanalyse

Projektet omhandler udvikling af en malerobot som på tilsvarende vis kan arbejde i værkstedet uden personale er til stede i arbejdsområdet.

Metoden forventes alene at kunne udvikles til værkstedsbrug og alene til relativt store og ensartede konstruktioner.

Interessenterne i projektet er leverandører af udstyr, producenter af vindmøller og andre store stålelementer, samt miljø- og arbejdsmiljømyndighederne.

For producenterne af vindmøller og andre store stålelementer vil de væsentligste barrierer være metodens arbejdshastighed og dens evne til at levere et resultat, som kvalitetsmæssigt modsvarer den, som opnås med traditionelle metoder. Det vurderes at metoden, hvis den kan udvikles til effektiv funktion, vil være økonomisk attraktiv som følge af besparelser i malingforbrug og i form af besparelser på arbejdskraft og evt. brug af værnemidler.

For udstyrsleverandørerne vil den største barriere være de begrænsede afsætningsmuligheder som følge af de meget specifikke anvendelsesmuligheder for udstyret.

For miljømyndighederne vurderes metoden at give miljømæssige gevinster i form af reduceret malingforbrug og dermed et mindre forbrug af

miljøfremmende stoffer, opløsningsmidler eller VOC og måske mindre affaldsmængder til deponering.

For arbejdsmiljøet er metoden fordelagtig, idet den vil kunne reducere eller fjerne eksponering for opløsningsmiddeldampe og andre sundhedsskadelige stoffer og evt. reducere behovet for anvendelse af personlige værnemidler.

De væsentligste barrierer for projektet er den relativt snævre anvendelsesmulighed og de tekniske udviklingskrav.

5.3 Sammenfattende vurdering

Robotmaling af vindmølletårne vil betyde væsentlige arbejdsmiljømæssige fordele og også væsentlige miljømæssige forbedringer.

5.4 Delprojektets deltagere

Delprojektets ansvarlige har indtil 21. februar 2007 været Dansk Overflade Teknik A/S DOT og øvrige deltagere var Hempel A/S, Maskinbygger og Simu Lab.

30. oktober 2007 fik projektlederen meddelelse fra MST om, at MST kan tiltræde gennemførelsen af delprojekt 1 med følgende deltagere:

- DS SM A/S Coatingafdelingen som projektansvarlig.
- Böll-Tec Aps som udstyrsleverandør.
- Hempel A/S som malingsleverandør.
- Vestas Towers A/S som kunderepræsentant.

I forbindelse hermed blev indvendig påføring af maling på mølletårne også en del af projektet.

5.5 Delprojektets formål

Ved automatisering at opnå en ensartet lagtykkelse meget tæt på den specificerede og derigennem at:

- opnå en stor besparelse på malingsforbruget, der har en stor økonomisk følgevirkning
- opnå en stor besparelse på malingsforbruget og dermed en væsentlig reduktion i udledning af opløsningsmidler der tilgodeser miljøet
- opnå kortest mulig gennemløbs tid og derigennem opnå besparelse i energiforbruget på driftsområdet, med deraf positive følgevirkninger for miljøet
- ved automatisering at reducere den arbejdsmiljøbelastende tid til et minimum
- opnå en ensartet høj kvalitet, der kan være med til at forlænge produktets levetid.

Status og afslutning af delprojekt 1 kan beskrives som følger:

1. Forsøgsopstilling.
2. Evaluering af forsøg.
3. Installation og indkøring af anlæg.
4. Evaluering af driften i det færdige anlæg.

5.6 Forsøgsopstilling:

Højrotationsklokken som påføringsudstyr og den elektrostatisk påføringsmetode blev testet tidligere i projektet.

Testpåføring med højrotationsklokke foregik med følgende produkter:

Produkt nr. 17320 Hempadur Zink epoxy.

Produkt nr. 47140 Hempadur epoxy.

Produkt nr. 55214 Hempthane Topcoat

svarende til specifikationer på et udvendigt malingsystem til mølletårne.

Påføring med Hempadur Zink epoxy gav ikke det ønskede resultat, hvilket hovedsageligt skyldtes den høje men nødvendige rotationshastighed, kombineret med den høje densitet på 2,6 kg/l.

Påføring af Hempadur epoxy og Hempthane Topcoat måtte stoppes pga. et vacuumfelt, der opstod i turbinen, og som medførte, at der blev suget materiale op i turbinen, hvilket ville ødelægge turbinen.

Løsning med højrotationsklokken som påføringsudstyr og den elektrostatisk påføringsmetode, blev udfaset, da der ikke kunne skabes plads til 3 elektrostatisk sprøjtehoveder på robotarmen (svarende til 3 forskellige typer malinger).

Forsøgene viste også, at det eneste egnede udstyr var påføringsudstyr og metode omfattende traditionel airless påføring med faste dyser.

For at opnå en ensartet specificeret lagtykkelse ved automatisk påføring kræves:

- Dyser med ensartet sprøjtebillede.
- Malerpumper, der kan holde et konstant tryk over pumpeelementene.
- Malerpumper, der kan levere et konstant flow.

Den oprindelige udstyrsleverandør Böll-Tec ApS kunne ikke leve op til ovennævnte krav, og en ny udstyrsleverandør blev 24A Automation med robotudstyr samt Wagner Tyskland med påføringsudstyr. Sidstnævnte har også leveret dyser til formålet.

Efter installation af anlægget med de nye leverandører kunne de fremtidige forhold simuleres, og sprøjtebillede af de forskellige malings typer kunne testes.

Anlægget blev bygget op således, at hver produkttype havde sin dyse. Dette medførte mange test, men det resulterede i et godt resultat for hver enkelt produkttype.

5.7 Forsøg med dyser

Til forsøgene var der hjemkøbt en serie dyser til hvert produkt fra Hempel:

- Produkt nr. 17320 Hempadur Zink epoxy.
- Produkt nr. 47140 Hempadur epoxy.
- Produkt nr. 55214 Hemplathane Topcoat.

Der blev udtaget dyser af i alt 4 fabrikater. Blandt disse dyser var de særlige kalibrerede dyser specielt egnet til automatisk påføring. Testen omfattede dyser fra størrelse 17 til 29 og med en sprøjtevinkel på henholdsvis 60° og 80°. Resultatet af forsøgene viste, at vi fik en meget fin udnyttelse af malingen. Forbrugsfaktoren lå i underkanten af 1,3, hvilket var bedre end målet. Forsøgene omfattede udelukkende den udvendige påføring af forsøgstårnet, idet vi af praktiske årsager ikke kunne etablere robotpåføring indvendig i forsøgsopstillingen. Forsøgspåføring indvendig var således indskrænket til at omfatte modeller bestående af tårnudsnit.

5.7.1 Konklusion

Det samlede resultat af forsøgene indikerede, at der er umiddelbare fordele ved anvendelse af robotter til påføring af malinger:

- Det giver en ensartet påføring.
- Der er store besparelser af opnå på malingsforbruget på malingsforbruget, og det giver en kalkuleret årlig besparelse på godt 90.000 kg opløsningsmidler i påvirkning på miljøet. Dette svarer til en besparelse på ca. 40%. De sparede mængder malinger giver herudover en reduktion i forurening ved en mindre produktion og færre transporterede liter. Tallet baserer sig på en årlig produktion på 840.000 m² fordelt på 50% udført efter et C3 system, og 50% efter C4 system efter DS/EN ISO 12944.
- Der er store arbejdsmiljøforbedringer, da ingen overflader males i hånden udover udstikninger.

5.8 Installation og indkøring af anlæggene

Der blev etableret 2 malerlinjer med hver 2 påføringspladser. Til betjening af disse blev der etableret 2 lanser i en længde på 50 m med robotter i hver ende til påføring af maling indvendig i tårnene.

Til maling af tårnsektionerne udvendig blev der installeret 2 robotvogne med hver sin robot. Indkøring af anlægget, der også omfattede etablering og drift af et stort malerkøkken, tog noget længere tid en forventet.

Hertil kom at det var noget vanskeligere at få næste sæt dyser med samme karakteristik som de første.

Efter en større undersøgelse af markedet og intense forhandlinger med vores nuværende leverandør, blev der indgået en aftale om at specielfremstille dyser til opgaven.

Det er lykkedes at komme noget tættere på det oprindelige resultat, end hvad de første test på det færdige anlæg viste.

Forbrugsfaktoren på de samlede system lå i starten af testen på færdige anlæg på ca. 1,55, men er ved sidste produktionspåføringer nede på imellem 1,35 og 1,40. Der er stadig mulighed for at trimme anlægget, idet der ved ovennævnte

produktion er en over lagtykkelse på det færdige system. Det er derfor vores forventning at nå vores mål på et gennemsnitsforbrug på faktor ca. 1,3.

Anlægget til overfladebehandling af tårnsektioner til vindmøller er procesautomatiseret og den første og eneste af sin art i verden. Det af Miljøstyrelsen støttede projekt har medført efterfølgende projekt og investering i fuld skala hos DS SM A/S i Rødebro.

5.8.1 Evaluering af driften i det færdige anlæg

Da ikke alle robotter er kørt ind i det færdige anlæg, evalueres ud fra den ene linje, hvilket udgør 50% af det færdige anlæg, der på nuværende tidspunkt kører på halv kraft. Med de under afsnit 6.3 nævnte forbrugsfaktorer, ser vi ikke umiddelbart det store problem i at nå projektets målsætning at gå fra en faktor 2,0 til 2,2 ned til en faktor 1,3 til 1,4. De øvrige mål og fordele i forbindelse hermed følger automatisk.

5.9 Fastlæggelse af sprøjtesystematik

Ved fastlæggelse af sprøjtesystematik blev der set nærmere på type af sprøjteslag, sprøjteafstand til A-TCP, sprøjtehastighed V-TCP, dysestørrelse og dysetryk og tilegning til det valgte malingsystem. Efter mange forsøg blev der valgt en påføringsmetode, hvor man parallel påfører, hvilket ved ca. 50 % overlappning gav et ensartet lag inden for de forskellige malingslag på testpladerne.

Data kan ses for:

- Produkt nr. 17320 Hempadur Zink epoxy.
- Produkt nr. 47140 Hempadur epoxy.
- Produkt nr. 55214 Hempthane Topcoat.

De i bilag A og B nævnte værdier var resultatet på prøveemnet efter talrige forsøg, hvor malingslagene var lagt op på prøveplader enkeltvis. Der blev dog ved målinger af lagtykkelse på prøveemnerne målt nogle variationer, der efterfølgende blev elimineret ved at øge dyse trykket og regulere lagtykkelsen.

5.10 Påføring af 3 lag malinger i et samlet system på prøvesektionen imens sektionen roterede

Prøvesektionen, der er konisk med følgende dimensioner: \varnothing 2,44 m, \varnothing 3,01 m og L = 9,32 m i alt 80 m², blev malet udvendigt og påføringen delt op i 5 sprøjteslag i sektionens længderetning.

Resultatet af påføringen blev målt i hvert enkelt lag. Der blev foretaget målinger af lagtykkelse i 2 "ringe" rundt om prøvesektionen i hvert sprøjteslag, i hvert lag. Målingerne blev foretaget i samme område for hvert lag.

Måleresultater målt på prøveemnet samt bemærkninger til måleresultaterne fremgår af Bilag nr. A og B.

5.10.1 Konklusion af forsøgsopstilling

Regneeksemplerne i bilag A og B viser, at det er muligt at trimme påføringen væsentligt, hvis man kan opnå en mere stabil påføring samt fjerne meget få variationer i lagtykkelsen. Det er vigtigst at fjerne variationerne på de laveste målinger, da det er disse målinger, der er årsag til at et resultat falder for målereglen 80:20.

Denne trimning er efterfølgende foretaget med det ønskede resultat til følge.

6 Udvikling af alternative påføringsmetoder - delprojekt 2

Formålet med dette udviklingsarbejde har været at opnå en jævn og ensartet lagtykkelse med et så enkelt udstyr som muligt, samt at udgå sprøjtetøv.

Som udgangspunkt er der arbejdet med påføringsprincipperne:

- Laktæppe.
- Overrisling.
- Dypning.

Gennem arbejdet har man forsøgt at udvikle påføringsudstyr, som kan belægge 1 -2 meter brede baner ad gangen med ensartet lagtykkelse uden at der opstår sprøjtetåge. Udstyret skal desuden være egnet til belægning med malevarer, som har kort pot-life.

6.1 Heavy Duty, Delprojekt 2 - Påføringsmetoder

Projektleder for delprojektet: Peter Svane, Overfladeteknik
Arbejdet er blevet gennemført i et samarbejde mellem
Hempel A/S, malingleverandør (Bo Bluhme, civilingeniør)
Scanotech A/S, udstyrsleverandør (Torben Nielsen, direktør)
Protectors A/S, udførende (Bernhard Pedersen, direktør)
Overfladeteknik, projektleder (Peter Svane)
Alle medvirkende takkes for imødekommenhed og tålmodighed.

6.2 Delprojektets formål

Udvikling af påføringsmetoder som kan benyttes ved automatiseret malingpåføring på vindmølletårne. Metoderne skal sikre, at påføringen sker ensartet dvs. at lagtykkelsen varierer mindst muligt samt at overføringseffektiviteten bliver så høj som muligt - og spildet derfor så ringe som muligt.

Påføringsprocesserne skal

- sikre en ensartet lagtykkelse, hvorved der dels spares materiale, dels opnås en miljømæssig gevinst
- foregå med så lille tab (forbisprøjt, "overspray") som muligt, ligeledes af hensyn til miljøet
- forbedre arbejdsmiljøet ved at automatisere en meget belastende arbejdsproces.

6.3 Overvejelser

I projektets indledende faser diskuteredes 8 forskellige påføringsprincipper.

1. Valsepåføring.
2. Tæppelakering¹.
3. Rullepåføring.
4. Traditionel airless sprøjtning.
5. "Airmix" sprøjtning.
6. Sprøjtning med konventionel trykfødet luftforstøvning.
7. Elektrostatisk sprøjtning.
8. Overgydning².

I alle tilfælde var udgangspunktet at påføringen principielt foregik på samme måde som den hidtidige manuelle fremgangsmåde, dvs. at tårnet ligger vandret på rullebukke og roterer langsomt, mens der males én bane ad gangen.

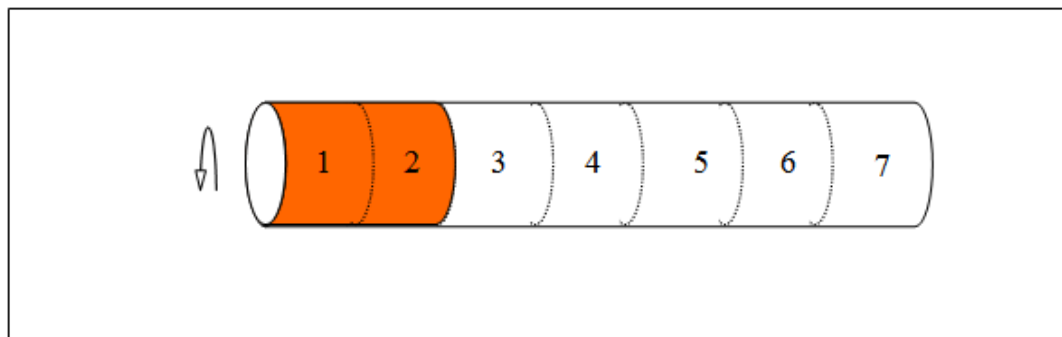


Fig. 1) Principskitse af maleproces. Her vist med 7 baner, hvoraf de to første er malet.

For sprøjteprocessernes vedkommende var tanken ligeledes at eftergøre den manuelle proces, dvs. at sprøjte vandret ind på tårnets side, mens tæppelakering og overgydning skulle foregå ovenfra og lodret ned mod tårnets overside.

Valsepåføring blev hurtigt forkastet, idet denne metode normalt benyttes til påføring af meget tynde lag malemateriale. Maling til mølletårne skal pålægges i 100-300 µm tør filmlagtykkelse.

¹ Tæppelakering er en påføringsproces, hvor malematerialet pumpes op i et langstrakt trug med en veldefineret spalte i bunden. Malematerialet løber ud af spalten og danner et sammenhængende "laktæppe" i luften inden det havner på emnet. Metoden bruges (brugtes) til lakering af flade emner som f.eks. døre; emnerne kører vandret gennem laktæppet på en rullebane (fladbaneanlæg).

² Med "overgydning" menes i denne forbindelse en form for sprøjtning, hvor malematerialet nærmest løber ud af dyser eller huller i en spredébom eller anden havesprøjteligende anordning, altså ved meget lavt tryk. Tanken er at lade malingen flyde ud og fordele sig alene ved hjælp af tyngdekraften.

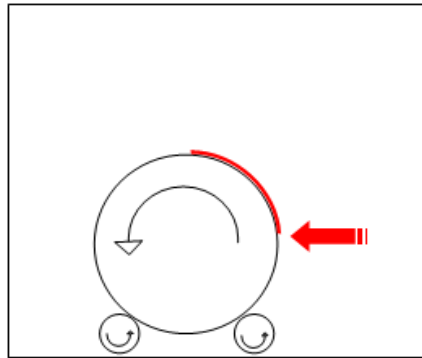


Fig.2) Princippet for sprøjtepåføring

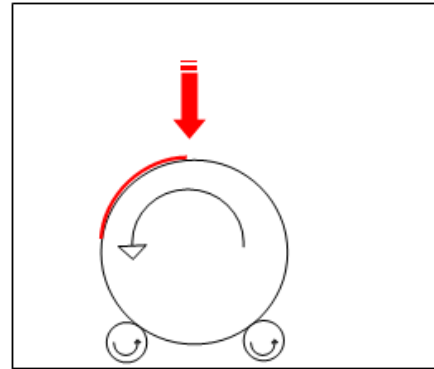


Fig.3) Tæppelakering og overgydning

Tæppelakering er interessant fordi der ikke opstår sprøjtetåge, og derfor intet spild under selve påføringen. Ideen blev imidlertid forkastet fordi udstyret kræver megen rengøring, og det er ubekvem med de hurtighærdende 2-komponente materialer, som benyttes til mølletårne.

Elektrostatisk påføring blev forkastet på grund af risikoen for elektrostatisk opladning af de meget store flader på mølletårne.

Overgydning skal ses som en erstatning for tæppelakeringsprocessen.

Fordelen er, at udstyret er enklere (mindre behov for rengøring), ulempen at påføringen nødvendigvis bliver mere ujævn og formentlig vanskeligere at styre.

Tilbage stod så de 3 forskellige sprøjtepåføringsmetoder samt rullepåføring og overgydning.

6.4 Udstyr og materialer

De første forsøg i projektet omfattede rullepåføring og forgik på DOT's anlæg i FASTERHOLT. Efter at DOT trak sig ud af projektet diskuteredes andre muligheder; resultatet blev, at vi byggede en model af et vindmølletårn og en lille vandret traversmaskine til føring af de forskellige typer sprøjter og overgydningsdysen – se fig. 4.

Malingpumper:

Graco airlesspumpe "Monark".

Kremlin membranpumpe "RT 112".

Påføringsudstyr:

Kremlin trykfødet rulle.

Kremlin automatpistoler til airless-, airmix- og luftforstøvningsprøjtning.



Fig. 4) Forsøgsopstillingen. Tromlen er 1250 mm Ø og 2000 mm lang. Den kan rotere med en periferhastighed fra 2 m/min til 16 m/min. Hovedparten af forsøgene blev udført ved 4 m/min. Tromlen dækkes med brunt indpakningspapir (fidele), som skiftes for hvert forsøg. Til højre på det blå stativ ses traversen som kan reciprocere (køre frem og tilbage) godt 500 mm med trinløst variabel hastighed. Pistolen kan aktiveres enten i én af yderstillingerne eller i begge så der sprøjtes henholdsvis den ene vej, henholdsvis både ud og hjem.

Maling:

Til rullepåføring:

Hempadur Zink 17329 (2-k epoxygrundmaling, Hempel A/S). Mål: 100 µm våd film.

Hempadur 47149 (2-k epoxygrundmaling, Hempel A/S) Mål: 150 µm våd film.

Hempathane 55217 (2-k polyurethanmaling, Hempel A/S) Mål: 100 µm våd film.

Til sprøjtepåføring:

Hempadur Uniq 4774A (Hempel).

Curing agent 95370 (Hempel).

Malingen til sprøjtepåføring er en 2-komponent epoxymaling, som benyttes af vindmølleindustrien. Den er beregnet til at anvendes uførtyndet i airless anlæg. Volumentørstofindholdet er 80 %, og ifølge databladet fra producenten kan den påføres i 150 µm tør lagtykkelse ad 1 gang. Malingen er så tykflydende, at den ikke kan løbe ud af et udløbsbæger som DIN kop nr. 4 i uførtyndet stand. Hempel foreskriver airless påføring med dysestørrelse 0,55 mm og 250 bar malingtryk.

6.5 Forsøg

For alle påføringsmetoder er der foretaget en kvalitativ vurdering af resultatet, sammenholdt med en kvantitativ bestemmelse af den påførte mængde. Processerne er afprøvet men ikke optimeret, dvs. at det er undersøgt:

- om påføringen er jævn
- om overgangen (overlappet) mellem to baner er pæn
- hvilken mængde der er påført målt i g/m², specielt om den anbefalede mængde af den valgte maling kan påføres.

6.5.1 Rullepåføring

Disse forsøg blev foretaget hos DOT i Fæsteholt på et "øvelsestårn", som virksomheden bruger til oplæring af operatører. Her blev ikke benyttet påføringsrobot, malarullen blev holdt manuelt. Tårnet måler 2150 mm Ø, og længden er 7400 mm. Tårnet roterer med en periferihastighed på 8 m/min.



Fig. 4) påføring af 1 bane 2-k epoxygrundmaling med korthårsrulle.



Fig. 5) påføring af 2 baner 2-k epoxygrundmaling med korthårsrulle.

Der blev benyttet 2 forskellige ruller:

- Rulle med kort luv.
- Lammeskindsrulle.

Malingerne blev doseret ved at regulere på fødepumpen til rullen (Graco Airlesspumpe).

6.5.1.1 Resultater

Der var muligt at påføre alle tre malingtyper med rulle. Lammeskindsrullen fedtede, dvs. at den ikke kørte pålideligt rundt. Korthårsrullen kørte godt, og fladerne blev nogenlunde pænt behandlede. Problemet var sammenstrygningen, altså overlappet mellem to baner. Her opstod en fortykkelse af laget.

Alt i alt var de opnåede resultater ikke perfekte, men meget bedre end forventet. Processen kan ikke uden videre afskrives; den kan muligvis optimeres og gøres brugbar.

Metoden er interessant på grund af sin enkelhed og den høje overførselseffektivitet.

6.5.2 Sprøjtepåføring og overgydning

Disse forsøg blev udført på modeltårnet vist i fig. 4 efter principperne i fig. 2 og 3. Følgende påføringsmetoder blev afprøvet:

- Lavtryksforstøvning med trykfødning.
- Airmix (hybridsprøjtning).
- Overgydning.

Traditionel airless-påføring blev ikke afprøvet, eftersom denne metode allerede benyttes i dag - ganske vist manuelt - men traversmaskinen udfører principielt de samme bevægelser som en operatør, blot mere ensartet.

6.5.2.1 Lavtryksforstøvning

Dysetørrelse: 1,3 mm, materialetryk 3,5 bar, forstøvningsluft 4,0 bar

Det var nødvendigt at fortynde malingen betragteligt for at kunne sprøjte med denne teknik. Resultatet blev pænt, men laget for tyndt. Overlapningerne var også pæne.

Metoden er uanvendelig eftersom materialet ikke kan sprøjtes uforyndet.



Fig. 6) Lavtryksforstøvning. Bred og jævn vifte, men megen sprøjtetåge.

6.5.2.2 Airmix

"Airmix" er Kremlins registrerede varemærke for et sprøjteprincip, hvor en del af forstøvningen foregår jf. airlessprincippet, altså idet malingen alene ved hydraulisk tryk forlader dysen; derpå forstøves malingen yderligere med luft, som rammer ind i strålen på en særlig måde. Det hydrauliske tryk er lavere ved Airmix end ved Airless sprøjtning, hvilket medfører lavere energiforbrug (trykluftforbrug ved luft/væske-pumper) til pumpning af malingen.

Kremlin har opfundet og udviklet metoden; sidenhen har andre producenter eftergjort systemet.

Metoden giver et blødere sprøjtebillede end airless sprøjtning, og mindre forbisprøjt (tab), fordi malingstrålens hastighed er lavere, og luftens tilbageslag fra emnet derfor tilsvarende mindre. Overførselseffektiviteten er generelt 20-30 % højere³ end ved airless sprøjtning. Til gengæld benyttes der trykluft til forstøvningen, hvilket bruger energi. Airmix benyttes især i træ- og møbelindustrien, ikke i "heavy duty-sektoren".

Dyse: 0,44 mm, materialetryk 160 bar, forstøvningsluft 5 bar

Malingen kunne sprøjtes ufortyndet under disse konditioner; resultatet, herunder overlapninger, var pænt. Den krævede mængde kunne lægges på ad én gang. Sprøjtebilledet var ikke helt perfekt under forsøget, men det kan utvivlsomt optimeres.



Fig. 7) Airmix påføring, mere flad og skarp vifte; ikke helt jævnt sprøjtebillede; begrænset sprøjtetåge

Bemærk at malingstrykket er 160 bar – Hempel foreskriver 250 bar til airless sprøjtning.

6.5.2.3 Overgydning

Tanken var her at påføre malingen meget primitivt, noget i retning af en havesprøjte, lodret oppefra, ned på tromlens overside, og så lade tyngdekraften fordele malingen, så jævnt som den nu kunne.

³ Kremlin-Rexson oplyser i deres informationsmateriale, at airless sprøjtning generelt har en overførselseffektivitet på 62 %, sammenlignet med 81 % for Airmix. Tallene bygger på undersøgelser ved uafhængige institutter, og gælder i begge tilfælde for ikke-elektrostatisk sprøjtning.

Vi forsøgte os med forskellige store dyser og lavt malingtryk, men kunne ikke få et tilstrækkelig jævnt påføringsmønster med ufortyndet maling. Vi gik derefter tilbage til Airmix-pistolen forsynet med en stor dyse (0,87 mm) og gradvis øget tryk, indtil vi nåede samme tryk som under de egentlige Airmix-forsøg, 160 bar. Herfra eksperimenterede vi med tilsætning af forstøvningsluft fra 3 til 5 bar og med materialetryk fra 160 bar ned til 90 bar. Endnu en parameter – tromlens rotationshastighed – blev varieret; i modsætning til de øvrige forsøg som udførtes ved 4 m/min satte vi her hastigheden op til 8 m/min for at opnå den rette kombination af sprøjtebillede og påføringsmængde. Det bedste resultat fandt vi ved 90 bar materialetryk, 5 bar forstøvningsluft, og en rotationshastighed på 8 m/min. Problemet var imidlertid, at der blev lagt for meget maling på – ca. 400 µm i stedet for de ønskede 200 µm (våd filmlagtykkelse).

Vi ville her kunne have nået et tilfredsstillende resultat med en noget mindre dyse. På den anden side kan man vælge at tolke resultatet således, at det er muligt at lægge en mængde svarende til 2 lag ufortyndet maling på ad én gang. Påføring og overlappning var tilfredsstillende.

Forsøgene med ”overgydning” endte altså som en variant af Airmix-påføring, hvor dyseåbningen var større og materialetrykket lavere. Også denne fremgangsmåde kan optimeres.

6.6 Konklusion

Forsøgene har vist, at der er miljøvenlige alternativer til traditionel airless påføring af maling, og at processen kan automatiseres med et meget enkelt udstyr.

Selvom erfaringerne med rullepåføring var lovende, vil vi ikke umiddelbart anbefale metoden. Den kan givetvis optimeres, men resultatet er for usikkert. Den enkleste vej fremad vil være at benytte en form for Airmix sprøjtning med så stor dyse og så lavt materialetryk som muligt.

Vi kan ikke give præcise angivelser af sprøjteparametre i fuld skala på grundlag af forsøg foretaget i pilotskala, blot dokumentere at princippet fungerer.

Der vil være en miljømæssig og tilsvarende økonomisk gevinst på minimum 20 % ved at skifte fra airless til Airmix-sprøjtning på grund af forbedret overføringseffektivitet (mindre forpisprøjt). Den væsentligste gevinst ligger dog naturligvis i, at man opnår en jævnere lagtykkelse ved automatisk påføring end ved manuelt arbejde. Besparelsen herved er tidligere skønnet til 50 %⁴. En sidegevinst ved forsøgsarbejdet er muligheden for at erstatte to påføringer med én.

At introducere Airmix-sprøjtning i stedet for airless-sprøjtning har den betydelige fordel, at der er tale om eksisterende udstyr, kendt fra andre brancher. Der skal altså ikke opfindes nyt materiel.

De arbejdsmiljømæssige fordele ved at skifte fra manuel sprøjtepåføring til automatisk overfladebehandling er indlysende.

⁴ Oplyst af Mühlhahn A/S i 2004

7 Informationsprojekt - tillæg til ISO 12944 – delprojekt 3

Formålet med dette projekt har været at udarbejde et nationalt tillæg til ISO 12944: Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner. Tillæget skal befordre brugen af mindre miljø- og arbejdsmiljøbelastende malingsystemer til korrosionshindrende malebehandling af store stålkonstruktioner. Tillæget til ISO 12944 kan rekvireres hos Dansk Standard.

Derudover er der arbejdet med at beskrive case-stories, dvs. praktiske eksempler på opgaver som allerede er løst med mindre miljø- og arbejdsmiljøbelastende systemer. Denne eksempelsamling vil ikke forefindes i trykt form men vil blive lagt på Danske Overfladebehandlers - DOs hjemmeside. Eksempelsamlingen skal være en levende samling på den måde, at virksomhederne løbende kan revidere eller tilføje eksempler efter koordination fra FDLF. Eksemplerne fremgår af bilag C

For at få en større forståelse af, hvor og hvordan man kan anvende miljøvenlig maling til store konstruktioner som broer, tanke, master, skive m.v. er der udarbejdet et "Korrosionshindring kan også være miljøvenlig". Se bilag D

Bilagene E – H beskriver hvilke overordnede krav der skal stilles til malingsystemer, der skal anvendes på broer, vindmøller, lastrum på skive, bundmaling, skibenes ballasttanke og lasttanke. Vandige malinger er langt bedre for miljøet end malinger med opløsningsmidler, og bilaget beskriver vandige malinger til korrosionsbeskyttelse.

7.1 Projektgruppen består af

Projektansvarlig: Farve – og lakindustrien, Simon Stig-Gylling,

- Esbjerg Paints A/S
- Hempel A/S
- Jotun
- Teknos
- Overfladeteknik.

7.2 Delprojekt 3 - Informationsprojekt

Som lovet blev der udviklet en eksempelsamling på mere miljøvenlige malingsystemer, som virksomhederne involveret i projektet har været med til at udvikle. Eksempelsamlingen er generisk og er udkommet i efteråret 2009 fra DS forlag, som et DS Hæfte til ISO Standard 12944-5 ved navn DS Hæfte 124:2009.

Som et supplement til DS Hæfte 124:2009 er der udviklet ti caseeksempler, som både omhandle fordele og ulemper ved brug af forskellige

malingssystemer. F.eks. hvilke miljø- og arbejdsmiljøfordele og ulemper, der kan være ved brug af forskellige vandige malingssystemer.



Fig. 8) Maling og lakker, Miljøvejledning til malingssystemer til korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner, som kan hentes på:

http://www.ds.dk/da-dk/ydelser/standarderoghaandboeger/haandboeger/Metallurgi/Miljoevejledning_til_malingssystemer_til_korrosionsbeskyttelse/Sider/default.aspx

8 Diverse henvisninger

ⁱ Forprojekt til almennyttigt udviklingsprojekt: Udvikling og demonstration af teknologi, metoder, udstyr og materialer for udendørs overfladebehandling; et projekt for implementering af nye økonomisk bæredygtige, arbejdsmiljø- og miljøbeskyttende former for udendørs overfladebehandling. Rapport udarbejdet af Overfladeteknik Maleteknisk Rådgivning ApS for Arbejdstilsynet januar 2001.

ⁱⁱ Oplysninger fra FDO og DMT. FDO skønner den årlige omsætning inden for deres område (blæserensning og malebehandling af store stålkonstruktioner ekskl. skibe) til 1.1 mia. kr., og værdien af det beskyttede gods til 5,5 mia. kr. SVF angiver tilsvarende ca. 200 mio. kr. i omsætning, mens de beskyttede værdier – heraf en væsentlig del som vedligeholdte skibe – til mellem 45 og 50 mia. kr. Skønnene over det beskyttedes værdi er forbundet med betydelig usikkerhed.

ⁱⁱⁱ Dansk Industri: Resultat af VOC-aftalen. Marts 2002. Tallene refererer til år 2000.

^{iv} Vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse, Miljøstyrelsen 1990.

^v Overfladebehandling af skibe, Miljøstyrelsen 1991.

^{vi} Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner, Miljøstyrelsen 1993.

^{vii} Blæserensning og korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner, Miljøstyrelsen 1994.

^{viii} Spredning af renere teknologi i industriel overfladebehandling, Miljøstyrelsen 1995.

^{ix} DS/EN ISO 12.944- Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 1-8 Dansk Udgave: DS-håndbog 124. "Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner" Dansk Standard 2001.

^x Svane, P.: "Ruster Storstrømmen?", Industriel Overfladebehandling Nr. 2 2001 samt "Vandig korrosionsbeskyttelse med prædikat", Industriel Overfladebehandling nr. 2, 1995.

^{xi} Valg af produkter ved korrosionsbeskyttelse. Industriens Branchearbejdsmiljøråd, Oktober 2002.

Måle resultater: Målt på prøveemnet

(17320 Hempadur Zink epoxy) (47140 Hempadur epoxy) (55214 Hemptthane Topcoat)

Speifikation:				50 µ				op til 200 µ				op til 250 µ			
Slag Nr.	Antal Mål.	Min Lgt	Max Lgt	Mean Lgt	Antal Mål.	Min Lgt	Max Lgt	Mean Lgt	Antal Mål.	Min Lgt	Max Lgt	Mean Lgt			
1-1	132	27	93	63	74	208	308	268	100	264	393	344			
1-2	137	35	93	64	78	213	341	280	111	256	419	353			
2-1	138	37	187	65	77	218	335	286	98	288	422	371			
2-2	138	38	93	66	84	218	335	287	109	276	419	356			
3-1	138	44	101	69	90	238	355	298	116	298	426	370			
3-2	154	44	106	69	93	248	345	293	119	305	430	370			
4-1	152	38	95	67	98	248	336	293	102	282	421	360			
4-2	181	46	99	72	97	245	333	277	88	237	417	350			
5-1	126	37	92	67	94	248	341	285	77	269	403	334			
5-2	116	43	91	68	87	241	339	300	75	225	416	353			

Bemærkninger til måleresultaterne:

Den samlede lagtykkelse er alt for høj, skal være 250 µ målt efter 80:20 reglen. De ligger på 334 µ til 370 µ hvilket er ca. 100 µ for højt, dette svarer til ca. 40 %.

Herudover kan ses ud af detailmålingerne, at der er store afvigelser hvor de 3 højeste og de 3 laveste målinger afviger meget fra de øvrige målinger.

Disse afvigelser kan formentlig henføres til:

- Dyser med for store variationer (manglende ensartet sprøjtekarakteristik)
 - Sprøjtevidte hvor trykket ved dysen har for store afvigelser imellem pumpe-lagene, de blev målt fra +- 15 bar til op imod + - 25 bar.
 - Påføringsmetode med krydssprøjtning giver for store afvigelser i lagtykkelsen på mindre områder, (disse tæller især med de i højeste og laveste målinger).
 - Hele anlægget arbejder ikke konstant nok til, at vi kan få ensartede lag fra gang til gang, idet de meget ensartede påføringer fra prøvepladerne gav et andet resultat på prøveemnet.
 - Malingsforbruget ved ovennævnte forsøg er fortsat for høje og følger ikke specifikationen, hvilket giver følgende forbrugsfaktor:
 - ✓ 1 x 50 µ 17320 Hempadur Zink epoxy *) Forbrugs faktor 1,48
 - ✓ 1 x 150 µ 47140 Hempadur epoxy Forbrugs faktor 1,61
 - ✓ 1 x 50 µ 55214 Hemptthane Topcoat Forbrugs faktor 1,79
- *)her er der indregnet 15 µ til dækning af den døde volumen der opstår ved ruhedsprofilet i sandblæsningen.

Sammenligneligt forbrug: Påført på prøvepladerne. Før påføring af prøveemnet. Efter afsluttet påføring af prøveemnet.

Malings typer	Liter/min på prøveplader	Liter/min før påføring af prøveemnet	Liter/min efter påføring af prøveemnet
17320 Hempadur Zink epoxy	1,13	1,18	1,21
47140 Hempadur epoxy	2,24	2,38	2,50
55214 Hemptthane Topcoat	1,21	1,67	1,24

Ovennævnte variationer er alt for store.

Måle resultater: Målt på prøveemnet men hvor de 3 højeste og 3 laveste målinger er udfaset.

(17320 Hempadur Zink epoxy) (47140 Hempadur epoxy) (55214 Hemplathane Topcoat)

Speifikation:												
50 μ					op til 268 μ				op til 335 μ			
Slag Nr.	Antal Mål.	Min Lgt	Max Lgt	Mean Lgt	Antal Mål.	Min Lgt	Max Lgt	Mean Lgt	Antal Mål.	Min Lgt	Max Lgt	Mean Lgt
1-1	126	35	87	62	68	215	301	269	94	286	385	344
1-2	131	37	87	64	72	233	315	280	105	279	401	353
2-1	132	42	88	64	71	230	320	287	92	300	404	368
2-2	132	48	87	66	78	251	332	287	103	305	397	356
3-1	132	47	94	69	84	247	336	298	110	304	411	370
3-2	148	51	88	69	87	259	330	293	113	320	407	371
4-1	146	46	91	67	92	258	330	293	96	286	411	361
4-2	175	50	93	71	91	249	313	276	82	268	399	353
5-1	120	44	88	67	88	251	321	285	71	278	388	334
5-2	110	46	87	68	81	264	328	300	69	283	412	354

Hvis man udfaser de 3 øverste målinger og de 3 nederste målinger, og derefter ser på hvor stor en lagtykkelse forsøget kunne rumme ser regnestykket således ud.

- Malingsforbruget ved ovennævnte forsøg er omregnet til en højere specifikation på mellemmalning og topcoat, hvilket giver følgende forbrugsfaktor:
 - ✓ 1 x 50 μ 17320 Hempadur Zink epoxy *) Forbrugs faktor 1,48
 - ✓ 1 x 218 μ 47140 Hempadur epoxy Forbrugs faktor 1,12
 - ✓ 1 x 67 μ 55214 Hemplathane Topcoat Forbrugs faktor 1,34
- *)her er der indregnet 15 μ til dækning af den døde volumen der opstår ved ruhedsprofilen i sandblæsningen.

4. Konklusion af forsøgsopstilling samt evaluering af projektets første del:

Ovennævnte regneeksempel viser at det er muligt at trimme påføringen væsentligt, hvis man kan opnå en mere stabil påføring samt fjerne meget få variationer i lagtykkelsen. Det er vigtigst at fjerne variationerne på de laveste målinger, da det er disse målinger der er årsag til at et resultat falder for målereglen 80:20.

For at opnå en ensartet specificeret lagtykkelse, ved automatisk påføring, kræves:

- ✓ Dyser med ensartet sprøjtebillede.
- ✓ Malerpumper der kan holde et konstant tryk over pumpeelementerne
- ✓ Malerpumper der kan levere et konstant flow

Case-stories om korrosionshindrende malebehandling med vandige systemer

Indledning

For at indhente praktiske erfaringer om emnet, har vi (Overfladeteknik, Maleteknisk Rådgivning ApS) kontaktet 5 af de toneangivende maleentreprenører, som udfører korrosionshindrende malearbejde på stål i Danmark: Dufour A/S i København, Gardit A/S i Viborg, OMØ A/S i København, Protectors A/S i København og Skagen Sandblæseri & Skibs-Service i Nakskov. Der findes flere firmaer i Danmark, men de valgte virksomheder kan godt betragtes som repræsentative for den gruppe, der hovedsagelig beskæftiger sig med et varieret udbud af (store) stålkonstruktioner ude i landet, og med værkstedsarbejde på komponenter. Nogle af virksomhederne er medlemmer af én af de to foreninger "Danske Overfladebehandlere" og "Industrilakerernes Landsforening", andre er ikke foreningsmedlemmer. De meget specialiserede virksomheder, som alene maler vindmølletårne, indgår ikke i undersøgelsen. Ingen af disse benytter i øvrigt vandige systemer, for deres kunder efterspørger det ikke.

Vi har besøgt 4 af virksomhederne for at interviewe ejere eller andre nøglepersoner om brugen af vandig maling; den femte – Skagens Sandblæseri – blev interviewet telefonisk. For hvert firma har vi udvalgt en interessant case eller flere, som er beskrevet nærmere. I tre af disse cases har vi fulgt interviewet op med en besigtigelse af det malede; det gælder FDO's lagertanke i Kalundborg (Dufour), Peter Bangsvejens Station og Roskildevej Station – begge i København – (Gardit), samt tankene på Regnemark Vandværk ved Borup Sjælland (OMØ). De to sidste entrepriser – jernbanebroen over Fiskebæk ved Farum, og Fødgængernedgangene ved Københavns Hovedbanegård – har vi ikke besigtiget.

Firmaerne blev interviewet enkeltvis, men der var en betydelig overensstemmelse mellem de fremførte synspunkter. Det er derfor vores opfattelse, at den beskedne interveiwrunde giver et ganske dækkende billede af situationen i 2009.

Fiskebækbroen ved Farum

Protectors A/S i Brøndby udfører arbejde på fabrik og entrepriser ude i landet. Arbejdsområdet er beskyttelse af større og mindre stålkonstruktioner mod korrosion.

Firmaet bruger ikke gerne rent vandige tyndfilms acrylplastsystemer, men til tider et komplet vandigt tykfilms acrylplastsystem til korrosionshindrende behandling. Virksomheden foretrækker at arbejde med de vandige produkter på sin fabrik (værkstedbehandling) på grund af produkternes følsomhed for klimaforhold (temperatur, luftfugtighed og vindhastighed). Der findes dog et eksempel på behandling af et vandbehandlingsanlæg med et komplet vandigt acrylplast tyndfilmsystem i 1989; her blev sorte rør slebet og grundmalet med én plastmaling påført ad 2 gange og færdigmalet med en anden plastmaling, ligeledes ad 2 gange. Samlet lagtykkelse omkring 100 µm. Anlægget står ganske vist ikke udendørs, men det er udsat for næsten konstant kondensrisiko. Entreprenøren oplyser at anlægget fortsat klarer sig fint.

Protectors har gode erfaringer med vandig acrylplast tyndfilmsmaling benyttet som afsluttende lag i en behandlingsopbygning. Firmaet har ikke oplevet svigt på grund af langvarig vandpåvirkning – når behandlingen først var hærdet. Behandlingsopbygningen består oftest af en traditionel epoxy grundmaling efterfulgt af en vandig acrylplast tyndfilmsmaling yderst, men komplette vandige systemer med f.eks. vandig epoxy grundmaling efterfulgt af acrylplast tyndfilmmaling forekommer dog også – men helst i form af værkstedsarbejde.

Virksomheden fremhæver at afsluttende maling med acrylplastmaling har den store fordel, at transportskader kan repareres med samme materiale uden at genere andre entreprenører på den pågældende sag.

Protectors har et enkelt tilfælde hvor håndteringen af det tidligere nævnte tykfilmssystem gav uventede vanskeligheder, maling af Fiskebækbroen (jernbanebroen) ved Farum i år 2000.

Kunde:

- Banestyrelsen (Banedanmark).

Stålarreal:

- Ukendt.

Tilstand før behandling i 2000:

- Broerne var tidligere malet med blymønje og forskellige malingsystemer, formentlig bl.a. klorkautsjukmaling. Stålet, især nittehoveder, fremstod med afskalninger og udbredt rust.

Afrensning:

- Waterjetting overalt til WJ 1.

Behandlingsopbygning:

- Sprøjtepåføring af tykfilmsacryl overalt til 70 µm tør film.
- Udstikning med tykfilmsacryl i anden kulør til 100 µm tør film.
- Sprøjtepåføring med tykfilmsacryl overalt til 140 µm tør film.
- Udstikning med tykfilmsacryl i anden kulør til 100 µm tør film.
- Sprøjtepåføring med tykfilmsacryl overalt til 140 µm tør film.
- Udstikning med acrylplast topmaling.
- Sprøjtepåføring overalt med acrylplast topmaling.

Samlet lagtykkelse minimum 350 µm tør film.

Arbejdet blev gennemført fra sommeren til efteråret 2000, og varede 6 uger, heri medregnet etablering af stillads og inddækning. Mod slutningen indtraf der et problem, idet presenningen (overdækningen blev fjernet kun 2 døgn efter påføring af det sidste lag maling). Om natten satte det i med regn, og nedbøren fjernede det yderste lag maling fra dele af broen – samt noget af den underliggende tykfilms acrylplastmaling. Konsekvensen var, at der atter måtte etableres overdækning, og derpå repareres med både tykfilms- og tyndfilmsmaling.

I dag (2009) er tilstanden for malingen tilfredsstillende; men overfladen skæmmes af nedsivende rust fra banelegemet.



Stålkonstruktionen under Fiskebækbroen (jernbanebroen) undervejs i arbejdet (tv.) og efter færdigmaling

Tanke på Regnemark Vandværk ved Borup Sj.

OMØ A/S i Rødovre har specialiseret sig i forskellige former for blæserensning og overfladebehandling af facader og stålkonstruktioner. Virksomheden udfører blæserensning både som værkstedsarbejde og på stedet; overfladebehandling udføres udelukkende lokalt på bygninger og konstruktioner. Virksomheden har som en særlig specialitet, med fransk inspiration, udviklet en mobil bemanded kabine til skånsom blæserensning af facader.

OMØ har erfaringer med samtlige lak- og farveproducenters systemer til korrosionshindring på stål, såvel traditionelle som vandige løsninger; blandt de sidstnævnte både tykfilmsystemer og tyndfilmsystemer.

Firmaet har arbejdet flere gange med et rent vandigt acrylplast tykfilmsystem, og har haft både gode og mindre gode oplevelser med det. På nittede konstruktioner har man oplevet rustgennemslag omkring nittesamlinger; på mindre krævende konstruktioner fungerer systemet upåklageligt. Eneste anke er at materialet helst skal sprøjtes på; pensel- og rullepåføring giver meget dårlig finish.

Virksomheden har tilsvarende høstet erfaringer med vandige acrylplast tyndfilmsystemer. Opfattelsen er, at systemerne ikke tåler vedholdende vandpåvirkning, altså på vandrette flader. De kan benyttes på andre flader, og helst i kombination med en epoxy grundmaling. Her kan både benyttes opløsningsmiddelholdig epoxy og opløsningsmiddelfri epoxy. På den måde bliver opbygningen ganske vist ikke 100 procent vandig, men dog med stærkt reduceret VOC-indhold.

Et eksempel er tankene (4 stk.) på Regnemark Vandværk ved Borup Sj. De blev vedligeholdelsesmalet sommeren 2004.

Kunde:

- Regnemark Vandværk – Københavns Energi.

Stålarreal:

- 600 m².

Tilstand før behandling i 2004:

- tankene var tidligere malet med et epoxy-polyurethansystem, der var rustgennemslag men ikke overalt.

Afrensning:

- Blæserensning af rustne områder til Sa 2½.
- Hedtvandsrensning overalt.
- Sandsvirpning overalt.

Behandlingsopbygning:

- pletning med epoxy grundmaling (opløsningsmiddelholdig) af områder med rent stål.
- 1 gang vandig acrylplast mellemmalning (60 µm tør film, airless påføring).
- 1 gang vandig acrylplast topmaling (60 µm tør film, airless påføring).

Tilstanden er tilfredsstillende i 2009 – se fotos.



Regnemark Vandværk juli 2009. Overfladebehandlingen er i god stand, dvs. uden afskalninger, rustgennemslag eller andre filmfejl. På nordsiden (billedet th.) er der en del algevækst omkring svøbets svejsesamlinger. Algerne skæmmer udseendet, men det er alene et æstetisk spørgsmål.

Stålbroer i København

Gardit A/S i Viborg har adskillige gange forsøgt sig med vandige alternativer til traditionelle malingsystemer på basis af opløsningsmiddelholdig epoxy og polyurethan. Forsøgene omfatter alle markedets leverandører, og flere forskellige behandlingsopbygninger. Materialerne spænder fra vandige epoxy- og polyurethanmalevarer med MAL-kode 1-5 til rene acrylplastmalinger kodet 00-1. Emnerne varierer fra tanke over mølletårne til stålpladetage og jernbanebroer. Der er ikke blot tale om forsøg i begrænset skala, men også om egentlige entrepriser.

Erfaringerne med de fleste vandige alternativer er, at materialerne kun kan påføres med tilfredsstillende resultat under ideelle klimaforhold. I praksis er anvendelsesvinduet så snævert at man meget let risikerer dårlig filmdannelse og ringe beskyttelse både på grund af for hurtig tørring og for langsom tørring. Med "anvendelsesvindue" menes temperatur, fugtighed og lufthastighed. Der er dog et enkelt vandigt malingsystem på markedet som kan benyttes med en rimelig sikkerhedsmargen. Systemet er et vandigt tykfilms acrylplastsystem kodet 00-1, og det har bevist sit værd til f.eks. nittede brokonstruktioner. Systemet er imidlertid ingen universalløsning, dvs. at der naturligvis også er opgaver, hvor det ikke er egnet.

Gardit ønsker af indlysende årsager et større udbud af brugbare vandige løsninger. Dels er det praktisk at have flere leverandører, dels er der behov for malingsystemer med forskellige egenskaber tilpasset individuelle opgavetyper. Firmaet nærer ingen nostalgiske følelser overfor traditionelle opløsningsmiddelholdige epoxy- og polyurethanmalinger, tværtimod, men opfatter foreløbig, med den nævnte undtagelse, de vandige alternativer som for usikre og risikable. Virksomheden værdsætter de miljømæssige og arbejdsmiljømæssige fordele ved vandige løsninger, især varer uden epoxy og polyurethan. At arbejdet med vandige malematerialer forudsætter etablering af overdækning og klimastyring er en mindre ulempe, om nogen, inddækning er alligevel ofte nødvendig for at undgå spredning af blæsemiddel og gammel blyholdig maling, og det sikrer stabile arbejdsforhold, næsten uafhængig af vejret.

I København blev 2 jernbanebroer malet med det nævnte vandige acrylplastsystem i 2000, altså for 9 år siden. Broerne er nittede stålbroer hhv. ved Peter Bangsvejens Station og over Roskildevej ved Glahns Allé.

Kunde:

- Banestyrelsen (Banedanmark).

Stålareal:

- Peter Bangsvejens Station 250 m²
- Roskildevej 430 m²

Tilstand før behandling i 2000:

- Broerne var tidligere malet med blymønje og forskellige malingsystemer, formentlig bl.a. klorkautsjukmaling. Stålet, især nittehoveder, fremstod med afskalninger og udbredt rust.

Afrensning:

- Waterjetting overalt til WJ 1.
- Blæserensning med aluminiumsilikat 0,2-2 mm af gravrustne områder (ca. 25 % af arealet) til Sa 2½.

Behandlingsopbygning:

- Sprøjtepåføring af tykfilmsacryl overalt til 70 µm tør film.
- Udstikning med tykfilmsacryl i anden kulør til 100 µm tør film.
- Sprøjtepåføring med tykfilmsacryl overalt til 140 µm tør film.
- Udstikning med tykfilmsacryl i anden kulør til 100 µm tør film.
- Sprøjtepåføring med tykfilmsacryl overalt til 140 µm tør film.
- Udstikning med acrylplast topmaling.
- Sprøjtepåføring overalt med acrylplast topmaling

Samlet lagtykkelse minimum 350 µm tør film.

Arbejdet blev gennemført fra sommeren til efteråret 2000, og varede 6 uger for hver bro, heri medregnet etablering af stillads og inddækning.

I dag (2009) er tilstanden for malingen OK. Overfladerne er naturligvis tilsmudsede, men der er ingen rustgennemslag eller andre skader af betydning. Banedanmark regner for andre broer med samme behandling, f.eks. Storstrømsbroen, med et vedligeholdelsesinterval på 25 år. Det er sandsynligt at de to københavnske broer holder mindst lige så længe.



Jernbanebro ved Peter Bangs Vejens Station i København, juli 2009. Overfladebehandling intakt næsten overalt. Kun enkelte rustgennemslag ved profilkanter – muligvis som følge af mekanisk beskadigelse.

Tage og svøb på ståltanke i Fredericia

Dufour A/S i København udfører såvel værkstedsarbejde som entrepriser ude i landet. Firmaet har både gode og dårlige erfaringer med vandige malingsystemer til stål. Virksomheden har forsøgt sig med stort set alle typer og fabrikater, og har enkelte dyrekøbte oplevelser med især vandige tyndfilms acrylplastmalevarer. Acrylplasttyndfilmsmaling er efter virksomhedens opfattelse ikke tilstrækkelig vandfast til krævende opgaver, typisk på vandrette opadvendende og nedadvendende flader, hvor der kan samle sig flydende vand gennem længere tid. Dufour har slet ikke tillid til komplette rusthindrende systemer alene baseret på tyndfilms acrylplastmaling. Tyndfilms acrylplastmaling opfattes som en mulighed til slutmaling ovenpå epoxymaling og til reparation af overflader som tidligere er malet med epoxy

og polyurethan. Et enkelt rent tykfilms acrylplastsystem synes derimod at fungere.

Rent vandige løsninger er desuden under kommercielt pres, fordi de kræver længere tørretid end traditionelle epoxy- og polyurethanløsninger, og fordi de forudsætter inddækning, hvis der ikke er tale om værkstedsarbejde; begge forhold fordyrer naturligvis arbejdet væsentligt. Endelig er samtlige vandige acrylplastsystemer mindre robuste end traditionelle løsninger; det viser sig som transportskader og liggemærker.

Et eksempel på brugen af vandig tyndfilms acrylplastmaling er FDO's lagertanke i Fredericia og Kalundborg.

Kunde:

- FDO.

Stålarreal:

- 80.000 m².

Tilstand før behandling i 2000:

- tankene var tidligere malet med zinkholdig epoxygrundmaling efterfulgt af klorkautsjukmaling. Tankene var ikke rustne, men i år 2000 var farven falmet meget på grund af kridtning.

Afrensning:

- waterjetting overalt til fjernelse af det kridtende lag.

Behandlingsopbygning:

- 1 gang vandig acrylplast tyndfilmsprimer.
- 1 gang vandig acrylplast topmaling.

Samlet lagtykkelse i alt 120 µm.

Arbejdet foregik over flere år fra 2000 til 2005. Det er ikke en komplet vandig korrosionshindrende løsning, men en levetidsforlængende behandling. I dag fremstår overfladerne perfekte, dog noget kridtende.



FDO's lagertanke i Kalundborg juli 2009. Tankene rummer omkring 60.000 m³. Den mørke stribe som er markeret på billedet th. er en langsgående fordybning ca. 20 mm dyb og 50 mm bred. Her står der vand i lange perioder, og der samler sig smuds i bunden. Selv på denne vanskelige konstruktionsdetalje var malingen fejlfri.

Nedgange for fodgængere ved Tietgensbroen, København

Skagens Sandblæseri A/S i Nakskov udfører dels værkstedsarbejde, arbejder dels mobilt på forskellige opgaver i Danmark. En del af arbejdet omhandler korrosionshindrende maling af stål. På virksomheden i Nakskov har man specialiseret sig i noget ganske andet, nemlig behandling af vindmøllevinger. Man er pt. (2009) i gang med at robotisere denne påføringsproces.

Virksomheden har erfaringer med markedets forskellige systemer til beskyttelse af stål mod korrosion, både opløsningsmiddelholdige og vandige, herunder såvel tykfilm- som tyndfilmsystemer. Man arbejder gerne med vandige systemer, men de kræver under alle omstændigheder inddækning, og i mange tilfælde tillige én eller anden form for klimastyring; det kan være affugtning, ventilation eller opvarmning, alt afhængig af opgaven og især af årstiden.

Skagen har brugt et bestemt tykfilms acrylplastsystem til flere forskellige opgaver. Det nævnte system fremhæves for sin gode evne til at beskytte mod underrust. Det er virksomhedens opfattelse at andre malingleverandører nødvendig anbefaler deres vandige tyndfilm acrylplastsystemer på stål med mindre underlaget er beskyttet med et zinklag af én eller anden art.

Firmaet så gerne et større udbud af rent vandige, funktionsdygtige systemer på markedet, og undrer sig over leverandørernes tilsyneladende tilbageholdenhed.

Som eksempel på en entreprise udført med et komplet vandigt acrylplast tykfilmsystem nævnes fodgængernedgangene ved Tietgensbroen på Københavns Hovedbanegård. Arbejdet blev udført om sommeren i 2008. Arbejdsstedet blev inddækket, og det var nødvendigt at opsætte en affugter for at fjerne vandet fra malingen. Der var ikke behov for at regulere temperaturen. Firmaet nævner som en særlig fordel ved det vandige system, at det ikke indeholder epoxy, og at publikum under det meste af processen kunne færdes forholdsvis uhindret omkring arbejdsstedet.

Kunde:

- Bane Danmark.

Stålareal:

- Ukendt.

Tilstand før behandling i 2008:

- Tidligere maling, sammensætning ukendt, med afskalninger. Stål med udbredte rustangreb.

Afrensning:

- Blæserensning af rustne områder til Sa 2½ med efterfølgende metallisering. Gelændere blev afmonteret og afrenset på værksted, mens vangerne blev blæst på stedet.

Behandlingsopbygning:

- Sprøjtetpåføring af tykfilmsacryl overalt til 70 µm tør film.
- Udstikning med tykfilmsacryl i anden kulør til 100 µm tør film.
- Sprøjtetpåføring med tykfilmsacryl overalt til 140 µm tør film.
- Udstikning med tykfilmsacryl i anden kulør til 100 µm tør film.
- Sprøjtetpåføring med tykfilmsacryl overalt til 140 µm tør film.
- Udstikning med acrylplast topmaling.
- Sprøjtetpåføring overalt med acrylplast topmaling.

Samlet lagtykkelse minimum 400 µm tør film.

Tilstanden er tilfredsstillende i 2009.



Før og nu. En af nedgangene under arbejdets udførelse tv. og efter færdiggørelse th. Bemærk den komplette inddækning af arbejdsstedet med stillads og presenning.

Korrosionshindring kan også være miljøvenlig

Virksomhedernes egne historier.

[Link](#)

Miljøvenlig maling til korrosionsbeskyttelse af store konstruktioner så som broer, tanke, master, skibe mv. kan udføres miljøvenligt, ved blot at vælge det rigtige malingsystem. I nogle tilfælde er det muligt, at vælge et rent vandigt system, i andre skal der måske bruges et opløsningsmiddel frit system eller et system med et lavt indhold af opløsningsmiddel.

Ved at udvælge et system til en konkret opgave, er det muligt at overholde lovgivningen og samtidig passe på miljøet.

Hjælp til valg af malingsystem.

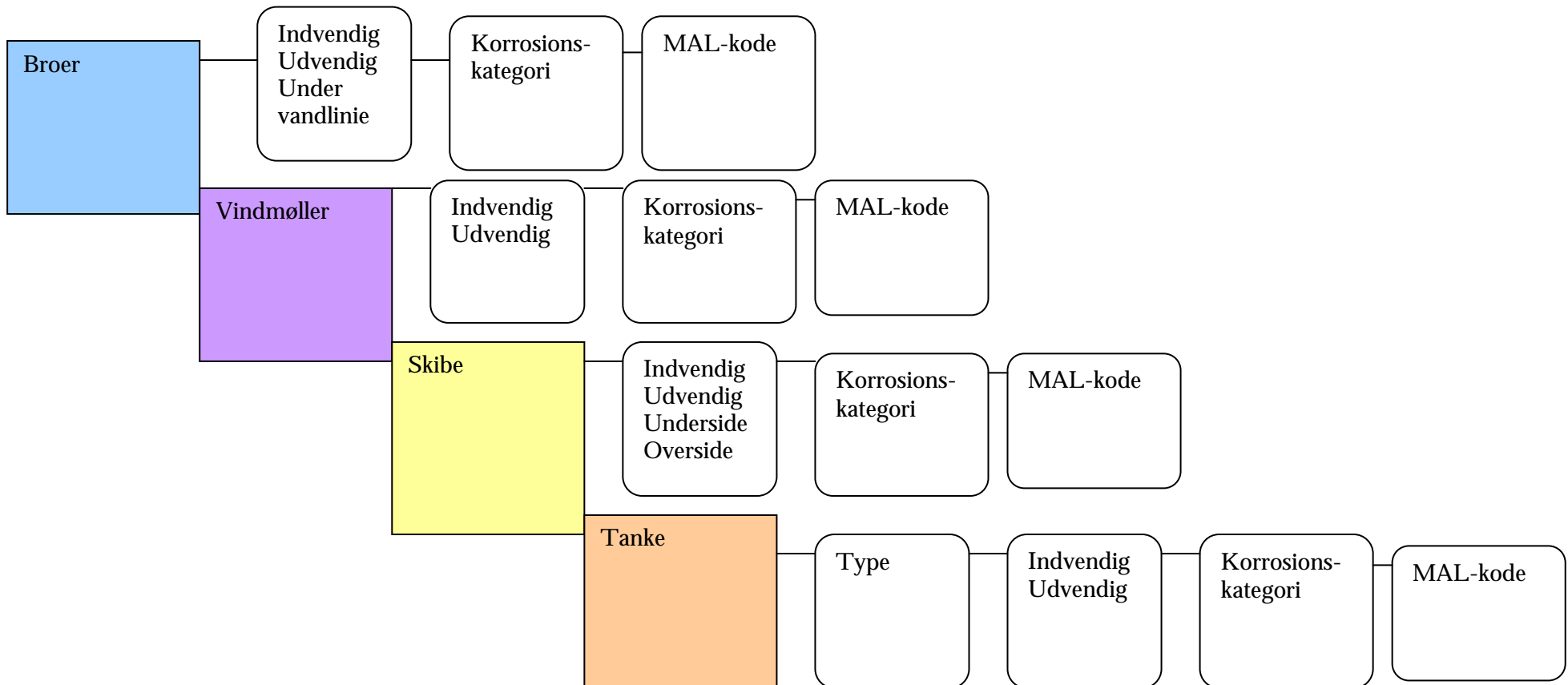
Hvorfor skal det være miljøvenligt?

ISO 12944

Standarden der handler om korrosionshindring

Lidt om afprøvning.

Hjælp til valg af malingsystem.



Broer

Broers stålkonstruktion er bygget til, at skulle holde i rigtig mange år. Men de er udsat for et barskt miljø, og derfor er det nødvendigt at beskytte stålet med holdbare malingsystemer, som har fremragende korrosionshindrende egenskaber. Hvor i verden broen er placeret er ikke lige meget, når der skal vælges system. Her skal man sørge for, at vælge et system, som er egnet til det pågældende sted.

Vandige malesystemer benyttes i dag i stor ustrækning til disse konstruktioner. Et er krav fra Arbejdstilsynet om brug af arbejdsmiljø venlige produkter, et andet er, at de vandige malinger er blevet rigtig gode. Systemerne anbefales også anvendt i henhold til ISO 12944 C4-I.

Vindmøller

Vandige malingsystemer kan også bruges til vindmølletårne. Systemerne er tilpasset til den korte produktionstid, som er afkrævet af de fleste værksteder og har ekstra hårdhed for at tage højde for det tryk som opstår, når tårnet under produktionen placeres i holderne. Systemerne anbefales også anvendt i henhold til ISO 12944 C5-I eller C5-M. De er også blevet testet og godkendt ifølge NORSOK 501-1, som til brug i off-shoremiljøer over vandlinien.

Systemerne kan være opbygget med flere lag ren acryl eller 3 lag bestående af en vandig zinkprimer, en vandig epoxy og en vandig akrylmaling som topcoat.

Skibe

1.1 Oversider

Vandig maling kan her være et godt alternativ til opløsningsmiddelholdig maling. Hvor der ikke er de store påvirkninger, kan der anvendes en vandig acrylplastmaling. Hvor der er slid, skal der i stedet anvendes en vandig eller opløsningsmiddelfri epoxymaling, med en topmaling af polyurethan.

1.2 Bundmaling

Bundmaling skal beskytte skibe mod begroning i et fastlagt dokningsinterval.

For at kunne dække alle skibstyper og sejlmønstre findes selvpolerende bundmalinger typisk i 3 forskellige poleringsrater: lav, mellem og høj. Den optimale specifikation sikrer, at den selvpolerende proces netop giver effektiv beskyttelse mod begroning i perioden, uden samtidig at tømme systemet for aktive stoffer for tidligt.

Producenter af bundmalinger kan hjælpe med at vælge malingstype og udarbejde specifikationer.

1.2.1 Lastrum

Maling til lastrum skal være modstandsdygtig overfor kemisk påvirkning og slid forårsaget af en uendelig række bulkaster. Derfor skal fremtidige arbejdsforhold og de lasttyper, som skal fragtes, overvejes nøje ved valg af malingsystem.

Nogle bulkaster giver stort slid, fordi de består af hårde materialer. Eksempelvis slider jernskrald og jernmalmkugler på skotter og overflader i tanke. Kul kan forårsage voldsom korrosion, hvis der udvikles svovlsyre under transporten. Temperaturen i en kullast kan også være meget høj - enten fordi temperaturen er høj under lastning eller fordi kullet udvikler varme på grund af iltning. Derfor er slidbestandighed, modstandsdygtighed overfor kemisk påvirkning og varme væsentlige egenskaber.

Der er krav om certifikater for transport af korn. Malingsystemet må ikke udskille helbredsskadelige stoffer. Malingen skal være nem at rengøre, og rengøring kontrolleres mest effektivt, hvis lastrummet er malet i en lys farve. Endelig kan lastning, losning og fortøjning være årsag til omfattende deformation af stålet, og derfor skal malingsystemet være fleksibelt. Maling til lastrum og til skibsoversider må derfor nødvendigvis være forskellige.

Vandige malinger er ikke egnet til denne type overflader. I stedet kan man vælge et opløsningsmiddel fattigt produkt.

1.3 Ballasttanke

Hvor længe et skib kan holde afhænger i høj grad af korrosionsforholdene, især i ballasttankene. Af hensyn til skibet er det derfor bedst at male med et kvalitetssystem allerede når det bliver bygget.

Når skibet er leveret, skal der udarbejdes en regulær specifikations- og vedligeholdelsesplan hvor enhver skade – så snart den bliver opdaget – bliver plettet med en passende maling. På denne måde er det muligt at undgå store problemer indenfor en kort årrække.

Det rette malingsystem til ballasttanke er skræddersyet til den specifikke skibstype og skibets driftsparametre: lasttemperatur (min. og max.), sejlmønster, vedligeholdelsesprogram, forventet levetid - også under hensyntagen til den oprindelige investering.

Ballasttankene udgør mere end 50 % af det samlede malede areal på et skib, og da store dele af ballasttankområderne er utilgængelige når skibet sejler, er det afgørende at overfladebehandlingskvaliteten er i top.

Det tjener to formål at male tanke, som bruges til transport af kemisk last: lasten bliver beskyttet mod forurening fra tidligere laster og tanken bliver beskyttet mod ætsende kemikalier. Det forudsætter, at tankmalingen er modstandsdygtig overfor lasten, og de efterfølgende laster som skal transporteres.

Ballasttanke kan ikke males med et vandigt produkt. I stedet skal vælges et opløsningsmiddel fattigt produkt (højt tørstof).

Lasttanke

Det tjener to formål at male tanke, til transport af kemisk last: Malingen beskytter det lasten mod forurening fra tidligere laster, dels beskyttes tanken mod ætsende kemikalier. Det forudsætter at tankmalingen er modstandsdygtig overfor lasten og de efterfølgende laster som skal transporteres.

Mulige malinger hertil er:

- Fenol-epoxy, som er modstandsdygtig overfor størstedelen af de lasttyper, der transporteres i kemikalietankere. Det er et godt valg, hvor der er behov for højest mulig modstandsdygtighed, og hvor lasttypen ofte skifter.
- Zinksilikatbaseret tankmaling, hvor den hærdede film er helt uorganisk og modstandsdygtig over for de fleste organiske opløsningsmidler. Malingen er anvendelig til laster fragtet i en bestemt rækkefølge.
- Aminhærdet epoxymaling er ideel, når det drejer sig om transport af olie eller olieholdige produkter, fedtstoffer, visse gødningstyper og ætsenatron.

For at udvælge det rette malingsystem, foretager man en gennemgang af de lasttyper, der skal transporteres, og af den mest almindelige lastrækkefølge.

Vandig maling kan ikke anvendes til behandling af lasttanke.

Tanke

Tanke eller beholdere bliver anvendt til mange forskellige formål. Det kan være olietanke, vandtanke, bio-tanke, lagertanke mv. Små tanke leveres ofte pulvermalet. Det er ikke muligt med de større konstruktioner.

Hvad tanken skal lagre er afgørende for, hvilken overfladebehandling, der er nødvendig at anvende på tankens indvendige sider. Er der tale om en olietank, skal stålet korrosionsbeskyttes med et produkt, som er bestandig overfor olie. Er tanken en vandtank, skal malingen kunne tåle at være konstant neddyppet i vand, og må samtidig ikke afgive stoffer til vandet. Biomasse er meget aggressivt, hvorfor pladerne som regel skal være beskyttet med en keramisk belægning. Er der eksempelvis tale om en kornsilo, skal overfladen være slidstærk og rengørlig.

I alle tilfælde vil en vandig maling ikke kunne anvendes på tankenes indvendige side.

På tankenes indvendige side vil der typisk blive anvendt en opløsningsmiddelholdig epoxy, afsluttet med en polyurethanmaling som topcoat

På tankenes yderside kan vandig maling anvendes, såfremt tanken ikke konstant står og kondenserer.

Hvorfor skal det være miljøvenligt?

Vandig maling er bedre for vores helbred og ikke mindst for vores natur, hvis den bliver påført under de rigtige omstændigheder. Opløsningsmidler er en af de største helbredsmæssige ulemper for brugere af maling. I de vandige malinger er udslippet af organiske opløsningsmidler minimalt, og imødekommer krav fra myndigheder om reduktion af opløsningsmidler. Systemernes holdbarhed bidrager samtidig til mindre miljøbelastning og reducerer miljøfarligt affald.

Hvad er en vandig maling?

Kort beskrevet er vand brugt som fortynder eller opløsningsmiddel i malingen. Bindemidlet kan være det samme som i traditionelle opløsningsmiddelholdige malinger. Det vil sige akryl, alkyd, epoxy mv. I de fleste vandige malinger er der stadig en lille andel opløsningsmidler af hensyn til tørre- og hærdeprocessen.

Test af vandige malinger til industrien (off-shore, on-shore og marine) viser resultater på højde med og i nogle tilfælde bedre end de traditionelle opløsningsmiddelholdige systemer.

Vandig maling til beskyttelse mod korrosion

Helt vandige malingsystemer til beskyttelse af stål mod korrosion anvendes i stigende grad også til store konstruktioner. En god grund hertil er Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer og om brug af opløsningsmidler.

Der er flere fordele ved vandig maling, men det forudsætter at den bruges ved den rette temperatur og luftfugtighed. Vandets fordampning afhænger både af luftens temperatur og af fugtigheden. Uheldige klimaforhold kan føre til toptørring og deraf følgende indeslutning af vand, eller værst af alt mangelfuld filmdannelse og dårlig vedhæftning. Det er nødvendigt, at respektere den enkelte producent's anvisninger for malingen.

Vandig maling kan almindeligvis bruges i intervallet 5-25 °C. Ved højere temperatur bliver vandets fordampning så kraftig, at malingen tørrer for hurtigt i overfladen. Ved temperaturer under 5° C går filmdannelsen i stå, og den kommer ikke i gang igen, selv om temperaturen senere hæves. Defekten ses ikke nødvendigvis med det samme, men resultatet er under alle omstændigheder en dårlig malingfilm.

Hvad angår luftfugtighed er intervallet typisk 40-80 % RF. Er luften mættet med vand, kan vandet ikke fordampe fra malingen, mens malingens meget lille indhold af opløsningsmidler fordamper uhindret (her er det temperaturen, som er afgørende). Fordamper opløsningsmidlerne før vandet, bliver filmdannelsen forringet eller den udebliver helt.

På nogle årstider kan der være store temperaturforskelle på solside og skyggeside samt mellem vind- og læside. Hurtigt vejrskifte kan medføre dugdannelse (kondens) på både stål og nypåført maling. Dugdannelse er

særlig uheldig, fordi malingen kan blive opløst af vandet. Stålet skal derfor være 3 grader varmere end dugpunktstemperaturen.

Overfladerne skal være fri for fedtstoffer og olie, ellers vil malingen ikke kunne hæfte til underlaget.

Et komplet vandigt malingsystem kan i nogle tilfælde påføres i løbet af bare én arbejdsdag. Malingen er enkel at overmale – det sparer tid. I øvrigt er der ingen risiko for eksplosion under arbejdet på grund af det beskedne indhold af opløsningsmidler.

Flere vandige malinger udmærker sig ved, at være velegnede til påføring på varmforzinket stål.

VOC-direktivet

Den 30. oktober 2005 trådte VOC-direktivet fra EU i kraft. Det har særlig betydning for leverandører af malinger og lakker samt udførende industrilakerere. VOC står for ***Volatile Organic Compunds*** (på dansk: ***flygtige organiske opløsningsmidler***).

Den danske VOC-bekendtgørelse implementerer et EU Direktiv, der begrænser brugen af opløsningsmiddelholdige malinger for brugere, som anvender mere end 5 tons opløsningsmidler om året. Mindre brugere, og de der ikke arbejder på værksteder, fabrikker mv., er ikke omfattet af direktivet, men af bekendtgørelsen.

Ifølge den danske bekendtgørelse skal man som leverandør mærke det enkelte produkt med produktkategori og den relevante VOC-grænseværdi samt det maksimale VOC-indhold i produktet i brugsklar tilstand.

Mindre brug af opløsningsmiddel

Hvor opløsningsmidlerne i maling tidligere ofte bestod af terpentiner eller xylener, er de i dag i stor udstrækning erstattet af vand og mindre skadelige opløsningsmidler. Men malingen er ikke nødvendigvis helt opløsningsmiddelfri. De største koncentrationer af opløsningsmidler i maling findes hvor der ønskes specielle egenskaber f.eks. beskyttelse mod rust, hårdhed, kemikaliebestandighed eller høj glans.

Hvor det ikke er muligt at anvende et rent vandigt system, kan man i stedet vælge malingsystemer med højt tørstofindhold og med mindst muligt indhold af opløsningsmiddel. Man kan også anvende et "hybridsystem", det vil sige, at man bruger et opløsningsmiddelholdigt produkt som bundbehandling, og afslutter med en vandig topmaling. Dermed bliver det samlede forbrug af opløsningsmiddel formindsket.

Arbejdstilsynet

Arbejdstilsynet er den danske myndighed på arbejdsmiljøområdet, som varetager, at Arbejdsmiljøloven bliver overholdt. Arbejdsmiljøloven indeholder generelle bestemmelser om arbejdsmiljøet. Loven er bindende for borgerne. Det kan medføre straf, hvis reglerne overtrædes.

Bekendtgørelser

Arbejds miljøloven er udmøntet i bekendtgørelser. Det kan medføre straf, hvis bekendtgørelserne overtrædes.

Af disse bekendtgørelser, skal særligt her fremhæves Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 301 af 13. maj 1993, som danner grundlag for, at alle malerverer skal være mærket med en MAL-kode for at kunne sælges i forretningerne. Koden omfatter 3 tal, to før og én efter en bindestreg. Tallene før stregen angiver faren for indånding. Tallet efter bindestregen angiver fare ved hudkontakt.

Jo højere tallet er, jo farligere er stoffet. Før bindestregen går skalaen fra 00 til 5 og efter bindestregen går skalaen fra 1 til 6. Den "mildeste" malevarer har MAL-kode 00-1 og den "værste" 5-6.

Ved MAL-kode 2 og derover (før bindestregen), skal der som min. anvendes gasfiltermaske og over 4 altid friskluftforsynet helmaske. Er værdien efter bindestregen 4 og derover, skal der bruges handsker og beskyttelsesdragt. Ved brug af produkter med MAL-kode under 4, bør/skal der altid anvendes handsker.

I denne bekendtgørelse fremgår det således: Et produkt må ikke anvendes, hvis det til den påtænkte anvendelse kan erstattes af et ufarligt, mindre farligt eller mindre generende produkt. Der skal derfor normalt anvendes et produkt med lavest muligt kodenummer i brugsklar stand.

Det medfører, at man skal anvende produkter med lavest mulige MAL-kode. Med mindre at erstatningen ikke kan foretages, eller at brugen af produktet ikke kan undlades. En samlet afvejning skal vise, at brugen af et erstatningsprodukt vil medføre urimelige merudgifter for arbejdsgiveren. Det skal på forlangende dokumenteres over for Arbejdstilsynet.

At-vejledninger

I At-vejledninger beskrives det, hvordan reglerne i arbejdsmiljølovgivningen skal fortolkes. At-vejledninger er ikke bindende for virksomheder, sikkerhedsorganisationer eller andre, men vejledningerne bygger på bindende regler (love og bekendtgørelser).

At-cirkulæreskrivelser

At-cirkulæreskrivelser og At-interne instrukser er instrukser til Arbejdstilsynets medarbejdere.

ISO 12944 - Standarden om korrosionshindring.

DS/EN ISO 12944 serien "Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner" blev godkendt som dansk og europæisk standard i 2000. Dansk Standard (DS) udsendte serien i dansk oversættelse i 2001. I august 2009 er der udkommet et miljøtillæg til standarden.

DS/EN ISO 12944 består af 8 dele (ISO 12944-1, 2...8). Del 5 "Korrosionsbeskyttende malingsystemer" giver i 10 tabeller (Annex A) eksempler på malingsystemer, der modsvarer kravene i de forskellige korrosionskategorier.

Standardens eksempler omfatter mange produkter på basis af opløsningsmiddelholdig alkyd, epoxy og polyurethan – de to sidstnævnte er i Danmark omfattet af Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer. Selvom produktsystemerne i DS/EN ISO 12944 kun er eksempler, har de anførte behandlingsopbygninger stor gennemslagskraft på markedet, ikke mindst hos rådgivere, som dermed ikke automatisk vælger de mest miljøvenlige produkter. Det skulle forhåbentlig blive afhjulpet med det nye miljøtillæg.

Standarden opdeler påvirkninger af stål i følgende korrosionskategorier:

Korrosionskategori	Eksempler på typiske placeringer/omgivelser	
	Udendørs	Indendørs
C1: Meget lav	-	Opvarmede bygninger med produktion, eksempelvis kontorer, forretninger, skoler, hoteller og lignende
C2: Lav	Områder med lav forurening. Hovedsageligt landlige omgivelser	Uopvarmede bygninger hvor der kan forekomme kondens. Eksempelvis lagerhaller, sportshaller mv.
C3: Medium	By og industri områder med moderat svovldioxid forurening. Kystnære områder med lavt saltindhold.	Produktionsområder med høj fugtighed og en vis luftforurening. Eksempelvis industrianlæg, vaskerier, bryggerier, levnedsmiddelproduktion mv.
C4: Meget høj	Industriområder og kystnære områder med moderat saltindhold	Kemisk industri, svømmehaller, skibs- og bådværfter ved vandet.
C5I: Meget høj, industri	Industriområder med høj fugtighed og aggressivt miljø.	Bygninger og områder med næsten permanent kondens og med en høj forurening.
C5M: Marine	Kystomgivelser og offshore anlæg med højt saltindhold	Bygninger eller områder med næsten konstant kondens og med en høj forurening.

Kategori	Miljø	Eksempler på miljø og konstruktioner
Im1	Ferskvand	Vandløbsinstallationer, vandkraftværker
Im2	Havvand eller brakvand	Havneanlæg med konstruktioner som sluseporte, sluseanlæg, moler, offshorekonstruktioner mv.
Im3	Jord	Nedgravede tanke, pælefundering, rørledning mv.

Endvidere har man valgt at opdele de enkelte kategorier med disse levetider af systemerne:

Lav (L): 2 – 5 år

Middel (M): 5 til 15 år

Høj (H): over 15 år.

Lidt om afprøvning

Måling, prøvning og specifikationer

Det ligger næsten i ordet **prøvning** hvad det handler om, nemlig at **prøve - hvordan noget fungerer**. Vel at mærke helst på forhånd, inden man tager det rigtigt i brug. Prøvning af malingsystemer består af én eller flere undersøgelser af egenskaber. **Prøvning** og **afprøvning** er synonymmer.

Prøvning er ikke helt det samme som **måling** men prøvninger **forudsætter** målinger, eksempelvis af lagtykkelse, vedhæftning, glans eller kulør; resultaterne kan så sammenholdes:

- enten med en given **specifikation** (en maksimumværdi, en minimumværdi eller begge dele)
- eller med en ny måleværdi af samme egenskab, typisk bestemt efter påvirkning med fugt, lys, varme eller blot naturens vejr og vind.

Ifølge dette forsøg på en definition er det en **måling** når man f.eks. bestemmer glansen af et malet prøvepanel til 55 enheder (målt ved 60° geometri) i laboratoriet.

- Det kan være foreskrevet at glansen skal ligge mellem eksempelvis 50 og 60 enheder; hvis man sammenligner måleresultatet med specifikationen, så er der tale om en **prøvning** – og i eksemplet lever overfladen op til **specifikationen**.
- Man kunne også have udsat panelet for klimapåvirkning i eksempelvis 1.000 timer og derpå bestemt glansen igen – lad os sige at den nye værdi er 47 enheder; så er det blevet til en **prøvning**. Resultatet er i dette tilfælde de to målte glansværdier, altså 55 og 47. Endelig kan det være foreskrevet at man derpå skal beregne differensen, altså glansændringen ($55 - 47 = 8$); og måske er der endda specificeret en grænse for denne ændring, f.eks. maks. 5 enheder; i så fald har prøvningen i dette tilfælde afsløret, at overfladen ikke lever op til **specifikationen**.

Måling er altså en forudsætning for prøvning, og prøvningsresultater kan i nogle tilfælde sammenholdes med specifikationer. Det sidste afslører populært sagt om det afprøvede har bestået eller om det er dumpet. Det skal man huske når man studerer datablade; her møder man ofte vendinger som “afprøvet i henhold til EN 927-3” etc. Ja og hvad så – hvordan var resultatet?

Normer, standarder

Der er subtile forskelle, men almindeligvis bruges begreberne normer og standarder i flæng; det er fastlagte, nedskrevne procedurer for måling og prøvning.

Standarder skal sikre at måling og prøvning foregår på en hensigtsmæssig måde og ensartet fra gang til gang, også uanset hvem eller hvilket laboratorium der udfører arbejdet.

Standarder kan være lokale, dvs. værksnormer, interne firmastandarder, de kan være nationale (eksempelvis Dansk Standard), europæiske (EN-standarder), amerikanske (ASTM) eller internationale (ISO).

ISO- og EN-standarder er udarbejdet af tekniske komiteer, ofte gennem mange år. Nogle standarder er meget vel gennearbejdede dokumenter, andre bærer præg af kompromisser mellem de deltagende teknikeres (landes) holdninger. Standarder er almindeligvis nyttige forskrifter, men man skal ikke tro at de er fejlfrie.

Normalt er det hensigtsmæssigt at benytte standarder af internationalt tilsnit, f.eks. EN- eller ISO-standarder. De foreligger altid på engelsk, tysk og fransk, men ikke nødvendigvis på dansk. Dansk Standard udgiver normerne som danske standarder med en dansk forside, men oftest er indholdet på engelsk. ISO 12944 foreligger som DS/EN ISO 12944, og denne standard er oversat flot til dansk.

For malingsystemer til beskyttelse mod korrosion findes der en speciel variant af standarder "NORSOK". Det er en norsk branchestandard, som har opnået en vis international udbredelse. Standarden omtales særskilt i et senere afsnit.

Standarder kan købes hos de nationale standardiseringsorganisationer, f.eks. hos Dansk Standard, DIN i Tyskland, British Standard i England osv. I det globale marked kan der være penge at hente ved at shoppe mellem de forskellige institutioner, men rent dansksprogede standarder kan man naturligvis kun købe i Danmark.

Prøvning af korrosionshindrende malingsystemer

I DS/EN ISO 12944 opererer man med levetidsklasser på op til "over 15 år". I praksis vedligeholdes broer typisk med 25 års intervaller, og vindmøletårne skulle gerne kunne klare 30 år.

Prøvning af malingsystemer skal gennemføres så hurtigt som muligt, men resultatet skal give mening. Det siger næsten sig selv at det er vanskeligt at forudsæ 30 års holdbarhed i løbet af en test som måske varer 1.000 timer i laboratoriet.

Filosofien bag mange prøvemethoder er enkel – man overvejer hvilke påvirkninger produktet er udsat for i praksis, og så genskaber man disse betingelser i laboratoriet; dog øger man intensiteten for nogle af faktorerne så testen bliver "accelereret". Et typisk eksempel er de såkaldte "Weather-Ometre". Det er klimakamre, hvor prøveemner udsættes for høj temperatur, fugt (kondens), "regn" og kraftig lyspåvirkning. Fordelen ved den type udstyr er at prøvningen er repeterbar og reproducerbar. Ulempen er at korrelationen til praksis er ikke eksisterende.

Der findes mere sofistikerede tilgange til begrebet prøvning, f.eks. baseret på dosis-respons princippet. Det forudsætter kvantitativ viden om de faktorer,

f.eks. lysindfald, der er afgørende for en malings nedbrydning. Man skal altså kende sammenhængen mellem den indstrålede energimængde pr. kvadratmeter ved udvalgte kritiske bølgelængder og en afhængig variabel, f.eks. malingens E-modul, eller dens sammensætning fulgt ved hjælp af IR-spektroskopiske målinger af bestemte kemiske grupper i bindemidlet. Dosis-respons tankegangen har sandsynligvis fremtiden for sig.

Jf. DS/EN ISO 12944 står der to muligheder åbne for vurdering af malingsystemers egnethed:

- Dokumentation fra praksis, altså årelang erfaring. Det er naturligvis det sikreste.
- Prøvning af udvalgte egenskaber.

Prøvningerne og de tilknyttede specifikationer er beskrevet i del 6 af ISO 12944. De omfatter:

- ISO 2812-1: Kemisk resistens
- ISO 2812-2: Neddypning i vand
- ISO 6270 : Uafbrudt kondens ("Fugtkammer")
- ISO 7253: Neutral salttågetest

Standarden tager klogeligt en række forbehold hvad angår prøvningernes evne til at kunne forudsige ydeevnen i praksis, og naturligvis kan resultaterne kun være vejledende. Det forstår man, når man f.eks. betragter specifikationerne til den højeste korrosionskategori i standarden: C5-M og med den højeste forventede levetid "Høj", dvs. over 15 år. Her skal malingen kunne modstå 720 timer i fugtkammer og 1440 timer i salttåge. Hvis det stod til troende skulle man altså kunne vurdere om et malingsystem kan holde i mere end 15 år under de værste marine korrosionsforhold ved hjælp af et par tests, hvoraf den længstvarende (salttågetesten) kan afsluttes i løbet af 2 måneder.

I virkelighedens verden suppleres prøvningsresultaterne med erfaringer fra praksis. Ingen lak- og farvefabrik ville tilbyde et malingsystem til C5-M/Høj alene på basis af 2 måneders salttågetest mv. Her har prøvningerne mere karakter af et sikkerhedscheck - en kvalitetskontrol (af om noget er helt forkert) end af egentlig ydeevneprovning.

NORSOK

NORSOK-standarder er udviklet af den norske olieindustri for at tilgodese sikkerhed, værditilvækst og effektivitet i branchens udvikling og drift. Derudover er det hensigten, at NORSOK-standarder så vidt muligt skal erstatte olieselskabernes egne specifikationer og fungere som udgangspunkt for officielle love og regler. NORSOK-standarderne bygger i betydeligt omfang på anerkendte internationale standarder, dog med tilføjelser af hensyn til den norske olieindustri's interesser. Endelig vil NORSOK-standarderne så vidt muligt indgå i den internationale standardisering som nationalt bidrag fra norsk industri. I den udstrækning der vedtages internationale standarder vil tilsvarende NORSOK-standarder blive trukket tilbage.

NORSOK-standarderne udvikles i konsensus efter almindelige regler for standardiseringsarbejde og ifølge regler nedfældet i NORSOK A-001. Arbejdet finansieres af den norske olieindustri's brancheorganisation OLF og af sammenslutningen af norske fremstillingsvirksomheder TBL. De udarbejdede standarder administreres og udgives af den norske nationale standardiseringsorganisation Standard Norge.

NORSOK-standarderne foreskriver afprøvning efter et lidt anderledes princip end den tidligere nævnte saltågetest og fugtkammereksponering: afprøvning under naturlige forhold i "splash-zonen", dvs. opsætning af prøvepaneler i havstokken, så malingen ikke blot udsættes for sol og regn, men jævnlige oversprøjtes med naturligt (saltholdigt) havvand. Prøvningen er en slags "accelereret naturlig eksponering". Prøvningen giver mere troværdige resultater, men den tager også længere tid – flere år.

Normative og informative referencer

Nedenstående standarder omfatter forholdsregler og retningslinier der bliver refereret til i NORSOK-standardernes forholdsregler og retningslinier. Medmindre andet er aftalt, er den seneste udgave af de refererede standarder gældende. Det er tilladt at benytte andre anerkendte standarder, såfremt det kan godtgøres, at de minimum svarer til de krav og retningslinier der fastlægges i de nedenfor refererede standarder.

- ASTM D4752 Standard Test Method for Measuring MEK Resistance of Ethyl Silicate (Inorganic) Zinc-Rich Primers by Solvent Rub.
- DIN 8566-2 Zusätze für das termische Spritzen; Massivdrähte zum Lichtbogenspritzen; Technische Lieferbedingungen.
- DNV Classification
- Note 33.1 Corrosion prevention of tanks and holds.
- ISO 1461 Metallic coatings - Hot-dip galvanised coating on fabricated ferrous products - Requirements.
- ISO 2814 Paints and varnishes - Comparison of contrast ratio (hiding power) of paint of the same type and colour.
- ISO 4624 Paints and varnishes - Pull-off test for adhesion.
- ISO 4628-6 Paints and varnishes - Evaluation of degradation of paint coatings - Designation of intensity, quantity and size of common types of defect – Part 6: Rating of degree of chalking by tape method.
- ISO 8501-1 Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness – Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings. Informative supplement to part 1: Representative photographic examples of the change of appearance imparted to steel when blast-cleaned with different abrasives (ISO 8501-1:1988/Suppl: 1994).
- ISO 8502-3 Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Test for the assessment of surface cleanliness – Part 3: Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting (pressure sensitive tape method).

- ISO 8502-6 Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Test for the assessment of surface cleanliness – Part 6: Extraction of soluble contaminants for analysis - The Bresle method.
- ISO 8502-9 Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Test for the assessment of surface cleanliness – Part 9: Field method for the conductometric determination of water-soluble salts.
- ISO 8503 Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Surface roughness characteristics of blast cleaned substrates.
- ISO 8504-2 Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Surface preparation methods – Part 2: Abrasive blast cleaning.
- NORSOK standard M-501 Rev. 5, June 2004 NORSOK standard Page 4 of 20
- ISO 12944-5 Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 5: Protective paint systems.
- ISO 19840 Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry film on rough surfaces.
- ISO 20340 Paints and varnishes – Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures.
- NACE RP0188 Discontinuity (holiday) testing of protective coatings.
- NORSOK M-001 Material selection.
- NORSOK S-002 Working environment.
- NS 476 Paints and coatings - Approval and certification of surface treatment inspectors.
- SFS 8145 Anticorrosive painting, surface preparation methods of blast cleaned and shopprimer coated steel substrates and preparation grades for respective treatments.
- SSPC/SSPM Volume 2 Systems and Specifications, Fourth Edition.

Broer			
<i>Gældende for konstruktion over vandlinien, ydersider og indersider</i>			
Korrosionskategori	Mal-Kode	Produkttype	
C4	00-1	Acrylplast	Der forefindes systemer i ren vandig acrylplastmaling, som kan klare den høje korrosions kategori. Tørring forudsætter temperatur > 5 °C og tørvejr. Overfladen er noget blød. Finishen er ofte ujævn. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen af det enkelte system afhænger af den enkelte leverandør, og er afgørende for forventet levetid.
	00-5	Vandig epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
	0-5	Opløsningsmiddelfri epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
C5-M	00-1	Acrylplast	Der forefindes systemer i ren vandig acrylplastmaling, som kan klare den høje korrosions kategori. Tørring forudsætter temperatur > 5 °C og tørvejr. Overfladen er noget blød. Finishen er ofte ujævn. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen af det enkelte system afhænger af den enkelte leverandør, og er afgørende for forventet levetid.

	00-5	Vandig epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
	0-5	Opløsningsmiddelfri epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
<i>Gældende for konstruktion under vandlinien</i>			
Korrosionskategori	Mal-Kode	Produkttype	
Im2	0-5	Opløsningsmiddelfri epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. Rene vandige malinger er endnu ikke egnede til områder med konstant vandpåvirkning, og kan ikke erstatte det opløsningsmiddelholdige produkt. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
	0-5	Opløsningsmiddelfri polyurethan	Polyurethan er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. Rene vandige malinger er endnu ikke egnede til områder med konstant vandpåvirkning, og kan ikke erstatte det opløsningsmiddelholdige produkt. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.

Vindmøller			
Vinge			
Korrosionskategori	MAL-Kode	Produkttype	
<i>Alle</i>	4-5	Epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. Rene vandige malinger er ikke egnede til brug, og kan ikke erstatte det opløsningsmiddelholdige produkt. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
	4-5	Polyurethan	Polyurethan er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. Rene vandige malinger er ikke egnede til brug, og kan ikke erstatte det opløsningsmiddelholdige produkt. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.

Tårn			
C3	0-1	Acryl	Der forefindes systemer i ren vandig acrylplastmaling, som kan klare den høje korrosions kategori. Tørring forudsætter temperatur > 5 °C og tørvejr. Overfladen er noget blød. Finishen er ofte ujævn. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen af det enkelte system afhænger af den enkelte leverandør, og er afgørende for forventet levetid.
	3-5	Vandig epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
	1-5	Opløsningsmiddelfri epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.

C4-I	0-1	Acryl	Der forefindes systemer i ren vandig acrylplastmaling, som kan klare den høje korrosions kategori. Tørring forudsætter temperatur > 5 °C og tørvejr. Overfladen er noget blød. Finishen er ofte ujævn. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen af det enkelte system afhænger af den enkelte leverandør, og er afgørende for forventet levetid.
	3-5	Vandig epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
	1-5	Opløsningsmiddelfri epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
C5-M	0-1	Acryl	Der forefindes systemer i ren vandig acrylplastmaling, som kan klare den høje korrosions kategori. Tørring forudsætter temperatur > 5 °C og tørvejr. Overfladen er noget blød. Finishen er ofte ujævn. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen af det enkelte system afhænger af den enkelte leverandør, og er afgørende for forventet levetid.

	3-5	Vandig epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
	1-5	Opløsningsmiddelfri epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.

Skibe			
<i>Gældende for konstruktion over vandlinien, ydersider og oversider</i>			
Korrosionskategori	Mal-Kode	Produkttype	
C4	00-1	Acryl	Der forefindes systemer i ren vandig acrylplastmaling, som kan klare den høje korrosionskategori. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen af det enkelte system afhænger af den enkelte leverandør, og er afgørende for forventet levetid.
	00-5	Vandig epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
	1-5	Opløsningsmiddelfri epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
C5-M	00-1	Acryl	Der forefindes systemer i ren vandig acrylplastmaling, som kan klare den høje korrosions kategori. Tørring forudsætter temperatur > 5 °C og tørvej. Overfladen er noget blød. Finishen er ofte ujævn. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen af det enkelte system afhænger af den enkelte leverandør, og er afgørende for forventet levetid.

	00-5	Vandig epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
	1-5	Opløsningsmiddelfri epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.

<i>Gældende for konstruktion under vandlinien</i>			
Korrosionskategori	Mal-Kode	Produkttype	
Im2	3-5	Opløsningsmiddelfri epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. Rene vandige malinger er endnu ikke egnede til områder med konstant vandpåvirkning, og kan ikke erstatte det opløsningsmiddelholdige produkt. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
	3-5	Opløsningsmiddelfri polyurethan	Polyurethan er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. Rene vandige malinger er endnu ikke egnede til områder med konstant vandpåvirkning, og kan ikke erstatte det opløsningsmiddelholdige produkt. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.

Tanke			
Olietank			
<i>Ydersider</i>			
Korrosionskategori	Mal-Kode	Produkttype	
C3	0-1	Acryl	Der forefindes systemer i ren vandig acrylplastmaling, som kan klare den høje korrosions kategori. Tørring forudsætter temperatur > 5 °C og tørvejr. Overfladen er noget blød. Finishen er ofte ujævn. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen af det enkelte system afhænger af den enkelte leverandør, og er afgørende for forventet levetid.
	3-5	Vandig epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridssystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.

	1-5	Opløsningsmiddelfri epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
C4-I	0-1	Acryl	Der forefindes systemer i ren vandig acrylplastmaling, som kan klare den høje korrosions kategori. Tørring forudsætter temperatur > 5 °C og tørvejr. Overfladen er noget blød. Finishen er ofte ujævn. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen af det enkelte system afhænger af den enkelte leverandør, og er afgørende for forventet levetid.
	3-5	Vandig epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
	1-5	Opløsningsmiddelfri epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.

C5-M	0-1	Acryl	Der forefindes systemer i ren vandig acrylplastmaling, som kan klare den høje korrosions kategori. Tørring forudsætter temperatur > 5 °C og tørvejr. Overfladen er noget blød. Finishen er ofte ujævn. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen af det enkelte system afhænger af den enkelte leverandør, og er afgørende for forventet levetid.
	3-5	Vandig epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
	1-5	Opløsningsmiddelfri epoxy	Epoxy er underlagt Arbejdstilsynets regler om arbejde med farlige stoffer, og må kun anvendes, hvis erstatning med mindre farligt stof ikke kan lade sig gøre. I hybridsystemer indgår typisk zinkrig epoxyprimer og epoxy-mellemmaling. Hærder ret hurtigt og er robust. Epoxy kridter i sollys, og opbygningen skal derfor afsluttes med vejrbestandigt materiale. Se systemopbygning hos den enkelte leverandør. Lagtykkelsen er afgørende for forventet levetid.
Inderside			
Korrosionskategori	Mal-Kode	Produkttype	