

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen

Nr. 29 1990

Pulverlakering af træ
og træbaserede materialer

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

2011 504.064.13

P5

ex. 2

201

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 29/1990

Pulverlakering af træ og træbaserede materialer

Inger Mann Nielsen og Torben Rosenørn
Dansk Teknologisk Institut. Overfladeteknik

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

THE
LIBRARY
OF THE
MUSEUM OF
ART AND
ARCHITECTURE
NEW YORK

Indhold

	Resumé	Side 5
	English summary	7
1.	Indledning	9
2.	Konklusion	13
3.	De afprøvede materialer	17
3.1	Pulvermaterialer	17
3.2	Træmaterialer	19
4.	Det anvendte udstyr	21
4.1	Sprøjteudstyr	21
4.2	Forvarme- og hærdeudstyr	21
5.	Konditionering og forbehandling af træmaterialet	23
5.1	Konditionering	23
5.2	Forbehandling	23
6.	Indledende forsøg til udvælgelse af egnede materialekombinationer	25
6.1	Screeningforsøg	25
6.2	Resultater af screeningforsøg	25
7.	Påføring og hærkning af pulver	27
7.1	Forvarmningen og dens betydning	27
7.2	Påføring	28
7.3	Hærdeforløbet	30
8.	Opbygning af overfladebehandling	35
8.1	Ét lag pulver	35
8.2	Flere lag pulver	35
8.3	Grunding af træ før pulverbehandling	35
8.4	Toplak påført pulverlakken	36
9.	Pulverlakering af kanter	37
10.	Prøvning af de færdigbehandlede overflader	39
11.	Miljømæssige forhold omkring pulverlakering	47
11.1	Arbejdsmiljø	47
11.2	Eksternt miljø	48

Bilag

Bilag 1 Litteraturundersøgelse	51
Bilag 2 Sorptionsisoterm for den anvendte MDF-plade	55
Bilag 3 Prøvningskategorier i.h.t. Møbelfakta	57

Resumé

Pulver benyttes i stigende grad indenfor jern- og metalindustrien som en miljø- og produktionsvenlig samt ressourcebesparende overfladebehandling. Bl.a. på grund af pulverets høje hærdetemperatur har man ikke hidtil ment at kunne benytte pulver til lakering af temperaturfølsomme underlag som træ og plast, men udviklingen af nye lavtemperaturhærdende pulvere har åbnet muligheder herfor.

Formål med projektet

Dette projekt har til formål at klarlægge de tekniske muligheder for anvendelse af pulver til industriel overfladebehandling af træ og træbaserede produkter, dvs. at finde egnede kombinationer af pulvertype og træmateriale og herefter at fremstille prøveemner som kan sandsynliggøre processens industrirelevans.

Udvælgelse af bedst egnede materialer

I forbindelse med forsøgsarbejdet har følgende materialer været afprøvet i forskellige kombinationer:

Pulvermalinger	Træmaterialer
Lavtemperaturhærdende epoxypulver	Krydsfinér
Standard mix-pulver (epoxy/polyester)	Spånplade
Polyesterpulver til støbegods	MDF (Medium density fiberboard)
	Massivt træ

Indledende forsøg viste, at kombinationen af et lavtemperaturhærdende pulver og træmaterialet MDF (Medium Density Fiberboard) er mest lovende. Der kræves pudning af fladerne inden behandling.

Med disse materialer er der udført en række forsøg.

Forløbet i pulverbehandling

Forløbet i pulverbehandling har været således:

1. Forvarmning
2. Pulverpåføring
3. Hærdning
4. (Efterhærdning)

Forvarmningen er hensigtsmæssig/nødvendig, idet pulverets flydning herved forbedres væsentligt.

Pulveret er hovedsageligt påført ved elektrokinetisk (frikations) opladning. I tilfælde hvor det ikke syntes tilstrækkeligt til opnåelse af en god vedhæftning og jævn fordeling af pulveret, blev der suppleret med indvendig elektrostatisk opladning. Valg af opladningsteknik afhæng især af pulvertype, træmateriale og emneudformning.

Elektrokinetisk/elektrostatisk påføring er mulig når træfugtigheden i MDF-pladen er mindst 5%, svarende til konditionering ved 35% RF og 20°C.

Træfugtigheden skal være så lav som mulig for at hindre blæredannelse i pulverbehandling under hærdningen.

Indledningsvis blev der udført mange forsøg hvor der udelukkende blev anvendt IR-varme til hærdeningen. Disse forsøg viste, at der med IR-varme alene ikke kan opnås et acceptabelt resultat. Det er ikke muligt at opnå en god overfladefinish samtidig med at pulveret hærdes tilstrækkeligt.

Andre forsøg viser, at korrekt hærdening af pulveret kan foretages ved en kombination af IR- og konvektionsvarme. Det pulverbelagte emne placeres først i IR-ovn, hvor pulveret bringes til at flyde. Dernæst udsættes det for konvektionsvarme og hærdes derved. IR-ovnens effekt, afstanden fra IR-panel til emne, temperaturen i konvektionsovnene og opholdstiderne må optimeres i relation til pulvertype, træmateriale og emneudformning.

Opnåelse af acceptabel overfladefinish samtidig med at pulveret hærdes tilstrækkeligt, anses for at være det væsentligste problem ved pulverlakering af træ, idet der traditionelt stilles meget høje krav til lakerede træoverfladers finish.

Behandlingsopbygning

Pulverbehandlingen kan anvendes alene eller kombineres med en grunder og en toplak afhængig af den ønskede finish og de tekniske egenskaber. Ved kombination af pulver med anden type maling, bør materialernes kompatibilitet dokumenteres.

Pulverlakering af kanter

MDF-pladens kanter kan pulverbehandles med samme resultat som fladerne. En forudsætning er dog en god pudsning.

Miljømæssige forhold

Ved anvendelse af pulver undgås brugen af opløsningsmidler helt og dermed også de risici der er forbundet med især brugen af de organiske opløsningsmidler. De risici der er mest relevante at fremhæve ved brug af pulver, er hudkontakt og indånding. Ved hudkontakt er der risiko for allergiske reaktioner. Generne ved at indånde pulver afhænger af kornstørrelse og af pulverformulering, specielt indholdet af tungmetaller og reaktive grupper.

English summary

Powder coatings are increasingly applied as finishing material for metal goods. They are environmentally attractive but they mostly need high curing temperatures. So far no successful use of powder coatings is known for temperature sensitive materials like plastics and wood. Recent development of lower temperature curing products could alter this situation.

In the present work it is investigated experimentally whether it is possible to use powder coatings for industrial finishing of wood and wooden based materials.

Screening experiments included testing of the following coating/substrate combinations:

Powder coating	Wooden substrate
Low temperature curing epoxy	Plywood
Standard epoxy/polyester mixture	Chip board
Polyester designed for die castings	MDF (Medium density fiberboard)
	Solid wood

The screening showed the combination of low temperature curing powder and the substrate MDF to be the most promising. The work hereafter concentrated on these materials.

The finishing process included the following steps:

1. Preheating of the substrate
2. Electrostatic spray application of the powder
3. Precuring
4. Full curing.

Preheating

Preheating of the wooden substrate considerably improves the levelling of the coating.

Application

As to application the powder was sprayed electrostatically mainly using friction/tribo charging.

In some cases the tribo charging was supplemented by high voltage (corona) charging.

Overall it was found that the best suited charging method depends on the powder type, the nature of the substrate and the shape of the work piece. Furthermore electrostatic application is only possible if the substrate moisture content exceeds 5%, equal to conditioning at 35% RH and 20 degrees centigrade.

The substrate moisture content should be as low as possible to avoid blistering or crater formation at curing.

Curing

Curing was preliminary done solely by IR radiation. However radiation curing alone does not lead to an acceptable result, i.e. at the same time a satisfactory finish and full (chemical) cure of the coating.

Further experiments showed that full cure can be achieved by IR radiation fusion of the powder followed by convection heating. In this sequence the intensity of the radiation and the convection heating temperature must be adjusted specifically for each combination of coating and substrate and according to finishing quality demands.

Procedure

The powder coating can be used as the sole coating material or supplemented by a primer and a clear laquer top coat, all depending on finishing demands.

1. Indledning

Øget interesse omkring miljøet og dermed udsigt til skærpede miljøkrav har betydet, at interessen for nye og mere miljøvenlige materialer er stor.

Den del af industrien som beskæftiger sig med overfladebehandling må søge at erstatte de traditionelle opløsningsmiddelholdige lakker med alternative systemer, f.eks. vandige lakker, lakker med højt tørstofindhold (f.eks. UV-hærdende lakker), eller pulver (100% tørstof).

Nærværende projekt omhandler pulverlakering af træ- og træbaserede materialer.

Projektet er gennemført af Dansk Teknologisk Institut/Overfladeteknik (DTI-O) for midler bevilget under Miljøstyrelsens program for Renere Teknologi.

Projektdeltagere:

Søren Bender, DTI-O
Torben Rosenørn, DTI-O
Inger Mann Nielsen, DTI-O

Styregruppe for projektet:

Gert Rojahn, Miljøstyrelsen (Formand)
Jette Lassen, Arbejdstilsynet
Leif Hougaard, Træindustriforbundet
Mogens Hansen, Snedker- og Tømrerforbundet
Steen Sørensen, Teknos-Schou A/S
Kaj. B. Sørensen, HTH Køkkener A/S
John Christensen, Kompan
Jens Blomhøj, Høng Stolefabrik A/S

1.1 Formål og baggrund for projektet

*Pulverbehandling af
metal*

Pulver benyttes i stigende grad indenfor jern- og metalindustrien som en både miljø- og produktionsvenlig samt ressourcibesparende overfladebehandling til stålmebler, beholdere, armaturer m.v. som en korrosionsbeskyttende, dekorativ og resistent overfladebehandling.

Ved pulverbehandling af metal påføres pulveret ved elektrostatisk sprøjtning og pulveret smeltes og hærdes ved opvarmning.

Da metal både er elektrisk- og varmeledende, er det ideelt til pulverbehandling.

Projektets formål

Projektets formål er at foretage indledende undersøgelser af de tekniske muligheder for anvendelse af pulver til industriel overfladebehandling af træ og træbaserede produkter. Hovedvægten er lagt på at finde egnede materialekombinationer af træmaterialer og pulvertyper og herudfra fremstille prøveemner som kan sandsynliggøre processens industrirelevans.

Her er det væsentligste problem efter vores mening, at opnå en fuldstændig hærkning af pulveret samtidig med at overfladens udseende er tilfredsstillende.

Udviklingen af nye pulvertyper åbner muligheder for også at anvende pulver på træemner. Træets materialeegenskaber komplicerer imidlertid anvendelsen:

- Træ er en dårlig varmeleder, hvilket bedst illustreres ved de store energimængder og den lange tid, der bruges ved trætørring. Ligeledes har træ med en ligevægtsfugtighed på 6-9% (svarende til møbeltørt træ) en relativ dårlig elektrisk ledningsevne. Ved elektrostatisk sprøjtning kan der derfor opstå problemer med pulverets fordeling og vedhæftning på træoverfladen. Træets ledningsevne kan forbedres ved at grunde overfladen med en elektrisk ledende lak inden pulverpåføringen, hvis fugtindholdet i træet ikke er tilstrækkeligt.
- Hærdningen foregår ved varme, og da træ er følsomt overfor høje temperaturer ($>100^{\circ}\text{C}$), er det nødvendigt at hærdningen foregår hurtigt og ved en så lav temperatur som muligt.
- Påvirkes træ af varme, sker der en vandring af luft ud af træet med blærer og porer (pinholes) i pulverbehandlingens til følge. Passende valg af temperatur, forvarmningstid og hærdprincip (IR-stråling/konvektion) kan dog minimere/fjerne dette problem. En grunding af overfladen (eksempelvis med en UV-hærdende lak) kan også afhjælpe de nævnte problemer, idet et sådant lag kan lukke overfladen, så der ikke afgives luft. Det er dog ikke problemløst først at grunde overfladen, idet grunder og pulver skal være kompatible.

Det har været en udbredt opfattelse, både i træindustrien og i Lak- og Farveindustrien, at pulverlakering af træ næppe er en realistisk mulighed. På den anden side findes der i litteraturen beskrevet adskillige eksperimenter med metoden (se bilagte litteraturreport).

Behandlingsopbygning

Pulverlakering af træ kan principielt udføres på forskellige måder (behandlingsopbygninger):

- a. et lag pulvermaling
- b. flere lag pulvermaling
- c. kombinationer af vådmaling og pulvermaling, f.eks. UV-hærdende grunder og pulvermaling eller pulvermaling og syrehærdende toplak.

Pulverbehandling på metal består normalt kun af 1 lag pulver. En så simpel overfladebehandling er at foretrække - også på træbaserede underlag. Det kan dog være hensigtsmæssigt at opbygge systemer på grund af træets specielle forhold.

Opbygningen af overfladebehandlingen vil afhænge af underlaget, den anvendte pulvertype og af de ønskede brugs-egenskaber.

Overfladebehandling af kanter

Overfladebehandling af kanter udgør et særligt problem ved anvendelse af træmaterialer som spånplader, krydsfinér og MDF. Det er derfor af stor betydning hvis en pulverbehandling kan benyttes til dette formål.

Med de udvalgte materialer er der udført en række forsøg, som er anskueliggjort i følgende oversigt.

Forsøgsoversigt

Forsøgsforløb	Undersøgte forhold
Forbehandling af træmaterialet	Graden af pudsning
Forvarmning	Opvarmningsprincip (konvektion, IR) Træmaterialets overfladetemperatur
Påføring	Træfugtighed Opladningsprincip
Hærdning	Opvarmningsprincip (konvektion, IR) Opholdstider i ovne
Pulverbehandling af kanter	Graden af pudsning Forvarmnings-, påførings- og hærdeforløbet
Opbygning af overfladebehandling	Anvendelse af ét eller flere lag pulver Anvendelse af pulver i kombination med våd grund- eller toplak
Prøvning af færdigbehandlede overflader	Væskemodstandsdygtighed Bestandighed overfor mekaniske påvirkninger

Materialekombinationer

Pulvermalinger	Træmaterialer
Lavtemperaturhærdende epoxypulver	Krydsfinér
Standard mix-pulver (epoxy/polyester)	Spånplade
Polyesterpulver til støbegods	MDF (Medium density fiberboard)
	Massivt træ

2. Konklusion

De udførte forsøg har vist, at det er muligt at pulverbehandle træbaserede materialer med et godt resultat.

Egnede materialer

Af de afprøvede materialer, pulver- og træmaterialer, er kombinationen mellem et lavtemperaturhærdende pulver og træmaterialet MDF fundet mest egnet.

Både kanterne og de plane flader kan pulverbehandles. Ét lag pulver (lagtykkelse 80-100 µm) giver en overfladebehandling som både er æstetisk tilfredsstillende og som har gode anvendelsestekniske egenskaber. Overfladerne kan mindst opfylde de anførte krav i møbelfakta, prøvningskategori 4.

Forbehandling af træet, flader og kanter

Før pulverbehandling skal emnerne konditioneres og pudses. Graden af pudsning afhænger af lagtykkelsen, pulvertypen og træmaterialet. Det kan være nødvendigt at pudse med slibepapir korn 240 i nogle tilfælde, mens det i andre tilfælde kan være tilstrækkeligt at pudse med korn 180. Kanterne skal pudses særlig fint for at undgå at træfibrene bliver synlige gennem pulverbehandlingen.

Behandlingstrin

Pulverbehandlingen består af følgende trin:

1. Forvarmning
2. Påføring
3. Hærdning
4. (Efterhærdning)

Forvarmningen er hensigtsmæssig/nødvendig, idet pulverets flydning herved forbedres væsentligt.

Påføring af pulver ved elektrokinetisk/elektrostatisk opladning gav ingen nævneværdige vanskeligheder.

For at mindske tendensen til blæredannelse i pulverbehandlingen, bør træfugtigheden være så lav som mulig.

Det væsentligste problem i forbindelse med pulverlakering af træ er på én gang at opnå en tilfredsstillende overfladefinish og en tilstrækkelig hærdningsgrad. Der er tendens til blæredannelse i pulverbehandlingen, som følge af luftafgivelse fra træet under et længere varende hærdningsforløb.

Hærdningen af pulveret kan udføres med en kombination af IR- og konvektionsvarme. IR-varme anvendtes til den første del af hærdningen, hvor pulveret bringes til at flyde og hærdningen starter. Herefter hærdes pulveret ved konvektionsvarme til hærdningsgrad 75%. Den opnåede overfladefinish bliver tilfredsstillende. Hærdningsgraden kan antagelig forbedres væsentligt. En hærdningsgrad på 70-75% giver en overfladebehandling som er anvendelig til mange formål. En mindre hærdningsgrad vil betyde, at overfladeegenskaberne er for dårlige. Det må naturligvis tilstræbes, at hærde overfladebehandlingen 100%. Overfladebehandling med pulver vil da være de fleste traditionelle behandlinger med vådlak overlegen.

Den måde hvorpå IR- og konvektionsvarmen bedst muligt kan kombineres er ikke fastlagt i detaljer. Der kan være tale om at anvende varmeprincipperne samtidig eller hver for sig.

Opbygning af behandlinger

En overfladebehandling med pulver kan kombineres med andre former for malebehandling. En grundning før pulverbe-

handling kan f.eks. mindske tendensen til blæredannelse, og en toplak kan være hensigtsmæssig i forbindelse med reparation. Overfladefinish og anvendelsestekniske egenskaber er afgørende for valget af behandlingsopbygning.

Miljømæssige forhold

De miljømæssige forhold omkring anvendelsen af pulver er kendt fra jern- og metalindustrien. Pulver har her været anvendt i en årrække uden væsentlige problemer. De største gener kan opstå ved hudkontakt og indånding. Ved hudkontakt kan der opstå allergiske reaktioner. Generne ved at indånde pulveret afhænger af dets kornstørrelse og dets sammensætning. En god ventilation kan minimere disse gener.

I nedenstående skema gives en samlet oversigt over de udførte forsøg og de vigtigste af de opnåede resultater.

Forsøgsoversigt

Forsøg med anvendelse af lavtemperaturhærdende pulver på plane træmner af MDF

Forsøgsforløb	Undersøgte forhold	Resultat af udførte forsøg
Forbehandling af træmaterialet	Graden af pudsning	Træmaterialet MDF skal stort set pudses som ved anvendelse af vådlak. Slibepapir med korn 180 er normalt det grovest tilladelige til sidste pudsning.
Forvarmning	Opvarmningsprincip (konvektion, IR) Træmaterialets overfladetemperatur	IR-varme er velegnet til forvarmning. Forvarmning til en overfladetemperatur på 70-80°C er hensigtsmæssig, når pulverets smeltepunkt er ca. 70°C
Påføring	Træfugtighed Opladningsprincip	Et fugtindhold i træet på ca. 5% er hensigtsmæssigt. Ren friktionsopladning er velegnet, men kan med fordel kombineres med elektrostatisk opladning i mange tilfælde.
Hærdning	Opvarmningsprincip (konvektion, IR). Temperaturforløb Opholdstider i ovne	En kombination af IR- og konvektionsvarme er velegnet til hærdning. IR er velegnet til den første del hvor pulveret bringes til at flyde og konvektion til den sidste del hvor hærdningen forløber. Samlet hærdetid ca. 10 min.
Pulverbehandling af kanter	Graden af pudsning Forvarme-, påførings- og hærdforløbet.	Kanterne skal pudses særlig fint for at undgå at træfibrene i pladens midterlag bliver synlige gennem pulverbehandling. Forvarme, påførings- og hærdforløbet er det samme som for de plane flader.
Opbygning af overfladebehandling	Anvendelse af ét eller flere lag pulver. Anvendelse af pulver i kombination med våd grund- eller toplak.	Afhængig af forventet udseende, egenskaber og emneudformning kan det være hensigtsmæssigt at anvende ét eller flere lag pulver eller kombinere pulver med en top- eller grundlak. Det vil ofte være muligt, men vil kræve en forudgående undersøgelse for især at klarlægge om de forskellige materials kompatibilitet.
Prøvning af færdigbehandlede overflader	Væskemodstandsdygtighed. Bestandighed overfor mekaniske påvirkninger.	Pulverbehandlingen kan mindst opfylde Møbel-fakta's krav i prøvningskategori IV, men antagelig også i kategori I (alle undersøgelser i kategori I er ikke udført, men ved de udførte undersøgelser opfylder pulverbehandlingen de almindelige krav). En pulverbehandlings egenskaber er generelt en overfladebehandling med traditionelle lakker overlegen.

Inden pulverbehandling anvendes i en produktion må der gennemføres forsøg til fastlæggelse af hele forløbet (temperatur og opholdstider) fra forvarmning til påføringen af pulveret og efterfølgende må kombinationen af IR- og konvektionsvarme for opnåelse af en højere hærtningsgrad (%) fastlægges. Herefter bør iværksættes et demonstrationsprojekt hvor forskellige behandlingsopbygninger afprøves industrielt.

Med udviklingen af nye pulvermaterialer må det forventes, at pulverets anvendelsesområde øges i de kommende år. Det er således muligt, at andre træmaterialer end MDF og MDF-lignende materialer vil kunne pulverbehandles. Udviklingen går i retning af formulering af lavtemperaturhærdende tyndfilmspulvere samt pulvere med forbedret flydeevne.

3. De afprøvede materialer

Der blev indledningsvis fremskaffet forskellige pulvertyper og træmaterialer, som ud fra litteraturundersøgelser, samtaler med leverandører og indledende forsøg ansås for egnede. Materialer beskrives i dette afsnit, og i afsnit 5 beskrives de indledende forsøg til udvælgelse af egnede materialekombinationer.

Hovedvægten er herefter lagt på påførings- og hærdebetinger.

3.1 Pulvermaterialer

En række forespørgsler til pulverproducenter i Europa blev udsendt, hvor specielt lavtemperaturhærdende pulver blev efterlyst.

Tre af de forespurgte udenlandske pulverproducenter og én dansk har leveret lavtemperaturhærdende pulver til projektet. Flere af de afprøvede pulvertyper er specialformuleret til projektet, mens andre er standardpulvere. De anvendte pulvermaterialer må således siges at repræsentere de i dag bedst egnede pulvertyper til pulverlakering af træ og træbase-rede materialer.

De afprøvede typer er typen epoxy, polyester og mix-polyester/epoxy. De hærder mellem 120°C og 180°C. (Pulver, som hærder ved 120-140°C, betegnes som lavtemperaturhærdende pulver).

En generel beskrivelse af de 3 pulvertyper er anført nedenfor.

Termohærdende pulver

Epoxy, polyester og mix-pulver er alle termohærdende pulvere.

De termohærdende (to-komponent) pulvermaterialer danner ved hærningen tværbindinger, hvis styrke ikke viser nævneværdig temperaturafhængighed, som tilfældet er for termoplastiske (én-komponent) pulvermaterialer.

Termohærdende pulverbelægninger hæfter af sig selv, mens de termoplastiske som regel kræver hæfteprimer.

Epoxypulver

Epoxyharpiks indeholder epoxidgrupper, der hærdes med amin eller amid, idet epoxybindingen brydes:

Epoxygruppe + amin → hærdet produkt

Den mest anvendte hærder er dicyandiamid.

Epoxypulvere kan formuleres til at give en meget glat overflade med høj glans, elasticitet og god vedhæftning samt virkelig god kemisk modstandsdygtighed. Den største ulempe er en udtalt tendens til at gulne ved højere temperatur eller i UV-lys (sollys). Ved gode kvaliteter epoxy er udendørsholdbarheden ualmindelig god, men man må affinde sig med et hurtigt glanstab, og senere en vis kridtning.

Hærningen af epoxypulvere er en additionshærkning, og der frigives ingen dampe. Lavtemperaturhærdende og friktionsopladelige pulvermaterialer er ofte på basis af epoxy.

Polyesterpulver

Kaldes også oliefri alkyd, idet polyesterharpiks fremstilles ud fra mættede fedtsyrer, ftalsyre og glycerol. Normalt anvendes TGIC som hærder.

Polyester har god glans-, kulør- og gulningsbestandighed, men mindre god bestandighed overfor kemikalier som f.eks. natriumhydroxid, benzin og xylene.

Mix-epoxy/polyester

Anvendes epoxybindemiddel til hærkning af polyesteren taler man om et mix-pulver (blandingspulver), som alt efter forholdet mellem epoxy og polyester kan formuleres til at give forskellige egenskaber. Anvendes bl.a. til behandling hårde hvidevarer. Udflydningen i forhold til epoxy er forbedret bl.a. ved at sænke molekylvægten af de anvendte harpikser.

Nedenfor er angivet en liste over de afprøvede pulvermaterialers egenskaber.

De afprøvede pulvermaterialer

Pulver A

Standardprodukt, mix-polyester/epoxy
Kulør: Hvid
Friktionsopladeligt
Hærdetemperatur: 160°C

Pulver B

Polyester til støbegods
Kulør: Hvid
Ikke friktionsopladeligt
Hærdetemperatur: 180°C

Pulver C

Specialformuleret epoxy
Kulør: Hvid
Friktionsopladeligt
Hærdetemperatur: 140°C

Pulver D

Specialformuleret epoxy
Kulør: Ingen (klar lak)
Friktionsopladeligt
Hærdetemperatur: 120°C

Pulver E

Specialformuleret epoxy
Kulør: Hvid
Friktionsopladeligt
Hærdetemperatur: 120°C

Pulver F

Specialformuleret pulver
Kulør: hvid
Friktionsopladeligt
Hærdetemperatur: 130°C

Vigtige pulvereenskaber ved anvendelse på træbaserede materialer

De vigtigste egenskaber ved et pulvermateriale til træ er:

- Lav hærdetemperatur
- God flydeevne. Da træets varmeledningsevne er lille og varmfylden stor, er det vigtigt at pulverets flydeevne er god hvis "appelsinhud" skal undgås
- Evne til at lade pustninger fra træunderlaget slippe ud, dvs. at pulveroverfladen skal kunne lukke sig igen efter luftafgivelse

Herudover de krav om sædvanlige egenskaber som god kemikaliebestandighed, god slidstyrke, god vedhæftning, god fleksibilitet m.v.

3.2 Træmaterialer

Som underlag for pulverbehandlingen har følgende 4 træmaterialer været afprøvet:

- Krydsfinér
- Spånplade
- MDF
- Massivt bøgetræ.

Kriterierne for udvælgelse af 4 træmaterialer

Disse materialer blev udvalgt, idet de anvendes til produkter hvor man antagelig vil kunne acceptere den overfladefinish der kan opnås med pulvermaling, f.eks. på plademøbler som reoler og skabslåger. Det er i dag ikke muligt at opnå den samme finish med pulver som med våd lak, men til mange formål er en pulverbehandling fuldt accepteret, f.eks. til hyl-der, sideplader, døre osv.

Materialer blev desuden udvalgt, ud fra den betragtning at de skal kunne tåle varme (i forbindelse med hærdningen) og være relativt tætte (for at undgå blæredannelse i pulverbe-handlingen som følge af luftafgivelse fra træet under opvarm-ning). Træmaterialet fyr blev således udelukket på grund af indholdet af harpiks, som sveder ud ved opvarmning.

Prøvepladernes dimensioner

Plader (20 mm) af krydsfiner, spånplade og MDF blev udskå-ret til prøveemner på ca. 200 × 300 mm. Emnerne er fræset på den ene side/kant med fals og runding, og på samme side er udfræset en hulkehl. Prøveemnerne af massivt bøgetræ havde dimensionerne 30 × 40 mm.

Krydsfiner

Fremstilling, opbygning, og egenskaber

Krydsfiner fremstilles ved sammenlimning af et antal finerer med fibrene på tværs af hinanden, hvorved træets naturlige "bevægelsestrang" modvirkes.

Til krydsfiner er mange træarter egnede, men hovedsage-lig anvendes forskellige arter af gran, fyr, birk og bøg, samt en del tropiske træarter.

Krydsfiner leveres hovedsagelig med ubehandlede overfla-der. Overfladernes struktur og udseende afhænger af hvilken træart, der er anvendes som yderfinér.

Krydsfiners densitet er afhængig af det anvendte træ. Den kan således variere fra ca. 450 til 650 kg/m³.

Den i projektet anvendte krydsfiner

Den anvendte krydsfinér består inderst af fyrretræ og yderst af Okoumè, leveret af O.T. Europly, Esbjerg.

Krydsfiner indeholdende fyrretræ vil udsvede harpiks ved længere tids opvarmning.

Materialet er dog anvendeligt til en indledende vurdering af krydsfinérs egnethed i forbindelse med overfladebehand-ling med pulver.

Spånplade

Fremstilling, opbygning, og egenskaber

Spånplader fremstilles i flere forskellige kvaliteter, og egen-skaberne varierer med det anvendte råmateriale og produk-tionsmetoden.

Pladerne fremstilles ved at frisk træ opskæres i spåner og tørres. Derefter tilsættes lim. I de fleste plader anvendes urealim, eventuelt tilsat melamin eller phenollim. Spånmas-

sen sammenpresses derefter under stort tryk og høj temperatur.

Spånplader er normalt opbygget af mindre spåner i begge yderlag og større og grovere spåner i midterlaget, således at yderlagene er tættere i strukturen end midterlaget. Pladerne kan dog også opbygges med ensartede spåner. Det bevirker at pladens styrke og bearbejdningsevne øges. Spånpladers densitet er ca. 700 kg/m³.

De i projektet anvendte spånplader

Pladerne er leveret fra Schlingerman, Vesttyskland. De er ensartede i opbygningen og anses generelt for at være af høj kvalitet.

MDF (Medium Density Fiberboard)

Fremstilling, opbygning og egenskaber

MDF fremstilles af træflis. Flisen dampes og finmales til fibre og disse blandes typisk med urealim til en fibermasse. Fiber-massen presses til plader under stort tryk og høj temperatur.

Den færdigpressede plade består således af ensartede fibre, men tætheden (densiteten) af yder- og midterlag kan være forskellig, afhængig af produktionsmetoden.

I møbelindustrien anvendes ofte plader hvor yderlagene har en højere densitet end midterlaget. Overfladerne er derfor tætte og kan overfladebehandles direkte. Men da pladerne ofte profilfræses, dvs. at pladens midterlag også overfladebehandles, vanskeliggøres behandlingen af midterlagets ringe tæthed (densitet).

Pladens fibertæthed gennem materialet (densitetsprofil) skal altså være så ensartet og så tæt som mulig. Densiteten af midterlag er typisk ca. 700 kg/m³ og yderlagets densitet kan være 1000 kg/m³.

De i projektet anvendte MDF-plader

De i projektet anvendte plader er leveret af Topan GmbH, Vesttyskland. De har en rimelig ensartet densitetsprofil.

Massivt bøgetræ

Opbygning og egenskaber

Bøgetræ er strøporet træ med mange og fine porer. Vækstringene er synlige, splint og kerne går næsten ud i et og har en hvidlig til gullig og rødgul farve.

Bøg har mange gode egenskaber. Det er hårdt, trykstærkt, let at spalte, ensartet i strukturen (homogent), retvokset og forholdsvis let at forarbejde. Ligeledes tager det fint imod overfladebehandling, såfremt forbehandlingen (maskinforarbejdning og pudning) er grundig udført.

Af bøgetræs ulemper kan nævnes, at det ikke er elastisk, at svindet er relativt stort ved tørring og at der i forbindelse med tørring kan opstå svindrevner, kastning og misfarvning.

På grund af de altovervejende fordele ved træet, er anvendelsesmulighederne store. Det anvendes til f.eks. møbler, trævarer, krydsfiner, gulve, legetøj m.v.

Bøgetræets densitet varierer mellem 680 og 720 kg/m³ afhængig af fugtigheden i træet.

4. Det anvendte udstyr

Til afprøvningen er anvendt forskelligt udstyr.

Behandlingen kan opdeles i 3 faser med følgende udstyr:

1. Forvarmning, IR-ovn (infrarød)
2. Påføring af pulver, kombinationspistol og sprøjteboks
3. Hærdning, IR-ovn og konvektionsovn.

4.1 Sprøjteudstyr

Sprøjtepistol

Pulveret er påført med en kombinationspistol, dvs. en pistol som kan påføre pulveret ved enten friktionsopladning eller ved en kombination af friktions- og elektrostatisk opladning. Vedrørende teorien omkring friktion- og elektrostatisk opladning henvises til anden litteratur.

Den anvendte pistol med tilhørende styringsdel og pulverbeholder er af mærket ESB (model 58930).

Sprøjteboks

Den anvendte kabine er af mærket ESB (type 56720). Det er en integralboks (boks og filter er sammenbygget) hvilket betyder, at den har filter og udsugning i den ene side, og opsamling af overskydende pulver sker i filterpatroner. Boksen har en vandret luftstrøm omkring emnet under påføringen. Derved skulle det være let at opnå en ensartet lagtykkelse øverst og nederst på emnet.

Til gengæld kan integralboksen, som følge af sin konstruktion kun betjenes fra den ene side. Emnet skal derfor drejes 180° under påføringen for at opnå fuldstændig dækning på hele overfladen.

4.2 Forvarme- og hærdeudstyr

Konvektionsovn

Den mest udbredte ovntype er konvektionsovn, hvor varmen overføres til emnerne ved hjælp af varm luft.

Den anvendte ovn er af mærket Lützen, med en effekt på 18 kW. Den kan reguleres mellem 20 og 200°C, og der er luftcirkulation og udsugning i ovnen.

IR-ovnen

IR eller infrarød stråling er varmestråling med bølgelængder lige over det synlige lys, dvs. større end 750 nm.

Varmelamperne, som udsender strålingen, fås med tre middelbølgelængder, lang, middel, og kort bølgelængde. Den kortbølgede stråling er den mest energirige med en effektoverførsel på op til 250 kW/m²/h. Dette er ca. 25 gange mere end hvad der kan overføres i en konvektionsovn. IRM (mellembølge) er den mest benyttede type, og denne er i litteraturen desuden beskrevet som egnet til hærdning af pulver på træ.

I forhold til varmeoverføring ved konvektion er det i princippet kun emnets overflade, der opvarmes, på grund af de meget energirige stråler og den derved store effektoverførsel. Det bevirker nemlig, at varmeoverførslen sker hurtigt og at opholdstiden i ovnen bliver meget kort.

Den i projektet anvendte IR-ovn (leveret af Incutec) udsender stråling med bølgelængder fra ca. 2500 til ca. 5000

nm, svarende til IRM (mellembølge) og IRL (langbølge). Én lampeenhed består af en keramisk generator og en reflektor af rustfri stål. Hver lampe har en maksimal effekt på 1 kW og et areal på ca. 700 cm², svarende til et modul. Lampemodulerne kan sammenbygges efter ønske.

Det anvendte udstyr består af 2 paneler med hver 12 lampemoduler. Emnet ophænges mellem disse paneler. Lampernes effekt kan reguleres mellem 0 og 100% og afstanden mellem panelerne kan ligeledes varieres. Mindste anbefalede afstand mellem panelerne er ca. 30 cm.

5. Konditionering og forbehandling af træmaterialet

5.1 Konditionering

Træmaterialet konditioneres for at bringe fugtindholdet i træet på et ønsket niveau.

Fugtindholdet i træet er afgørende for dets ledningsevne, og da elektrostatisk/elektrokinetisk (friktion) sprøjtning kræver, at emnet hvorpå der sprøjtes er ledende, spiller fugtindholdet en afgørende rolle.

Ved at ændre fugtindholdet i træ fra 7 til 14%, ændres ledningsevnen ca. 1000 gange.

Fugtindholdet har desuden betydning for tendensen til blæredannelse i pulverbehandlingen under hærdeningen (opvarmningen). Jo større fugtindhold jo større er tendensen naturligtvis til at der opstår blærer/pustninger i pulverbehandlingen.

For at opnå en god ledningsevne skal træet altså have en relativ høj fugtighed, men for at mindske blæredannelsen under hærdeningen, skal fugtindholdet være så lavt som muligt. Fugtindholdet skal således være netop så stort, at elektrostatisk sprøjtning er mulig.

For den anvendte MDF-plade, som er det mest egnede træmateriale af de afprøvede og derfor det materiale der anvendes i alle forsøg, er sorptionsisotermen (en kurve som afbilder fugtindholdet i træet i forhold til den omgivende lufts relative fugtighed ved konstant temperatur) angivet. Denne er vedlagt som bilag 2.

Træemner anvendt i forsøgsarbejdet konditioneredes ved:

- 20% RF og 20°C ~ ligevægtsfugtindhold 4%
- 35% RF og 20°C ~ ligevægtsfugtindhold 5%
- 50% RF og 20°C ~ ligevægtsfugtindhold 6%

5.2 Forbehandling

Efter konditionering og før pulverbehandling skal træoverfladen pudses. Manglende pudsgning vil have de samme konsekvenser som ved anvendelse af vådlak, specielt dårlig vedhæftning og overfladefinish.

De træemner der er benyttet i projektet er pudset med slibepapir af følgende finhed:

- korn 180
- korn 180-240
- korn 150-180-240

6. Indledende forsøg til udvælgelse af egnede materialekombinationer

6.1 Screeningforsøg

Indledningsvis blev der udført en række screeningforsøg (sorteringsforsøg) for at udvælge egnede pulvertyper og træmaterialer (beskrevet i afsnit 3).

De afprøvede træmaterialer er følgende:

- krydsfiner
- spånplade
- MDF
- massivt bøgetræ

De afprøvede pulvertyper er følgende:

- pulver A, B, C, D, E og F.

Disse materialer blev afprøvet i relevante kombinationer, således at alle træmaterialer blev afprøvet med mindst én standard- og en lavtemperaturhærdende pulver.

Træmaterialerne var konditioneret ved 50% RF og 20°C og alle emnerne var pudset med slibepapir korn 180.

Pulvermaterialerne er næsten alle egnede til friktionsopladning. I forsøgene blev de hovedsagelig påført ved friktionsopladning, men i tilfælde hvor det ikke syntes tilstrækkeligt til opnåelse af god vedhæftning og god sætning på emnet, blev der suppleret med elektrostatisk opladning.

Påførings- og hærdeforløbet var endnu ikke optimeret. Udvalgelsen af materialerne var imidlertid relativt let, idet der var stor forskel på de forskellige materials egenskaber.

6.2 Resultater af screeningforsøg

Træmaterialet

MDF viste sig at være det bedst egnede af de afprøvede træmaterialer.

Forsøgene indikerede at luftafgivelsen fra træet er et af de største problemer i forbindelse med pulverbehandling af træ. Ved anvendelse af MDF er blæredannelsen i behandlingen under hærdeningen minimal i forhold til de øvrige træmaterialer.

Dårligst egnet er krydsfiner, hvorimod massivt træ og spånplade er noget bedre egnet.

Luftafgivelsen fra træmaterialerne sker på forskellige måder. I forbindelse med spånplade, krydsfiner og massivt træ, som alle er relativt åbne materialer i sammenligning med MDF, sker luftafgivelsen indledningsvis i mindre omfang, for derefter at indtræffe næsten momentant, enten efter kort tid ved høj temperatur eller efter lang tid ved lavere temperatur. MDF afgiver tilsyneladende næsten ingen luft i begyndelsen, men afgivelsen sker momentant efter nogen tids opvarmning. Det er vigtigt at hærdeningen sker inden den momentane luftafgivelse finder sted.

Pulvermaterialet

Det største problem i forbindelse med pulverlakering af træ er både at opnå en tilfredsstillende overfladefinish og en til-

strækkelig hærtningsgrad. Der er stor tendens til blæredannelse/pinholes i pulverbehandlingen, på grund af træunderlagets porøse struktur, hvis denne udsættes for varme i længere tid, og tendensen er naturligvis størst ved høj temperatur. Desuden kan træmaterialer ikke tåle høj varme i længere tid uden at nedbrydes.

De lavtemperaturhærdende pulvere er derfor bedst egnede. For nogle af disse er der problemer med flydningen og dermed tendens til "appelsinhud".

Endelig kan det nævnes, at det anvendte pulvers kulør og glans kan have betydning for den opnåelige hærtningsgrad, især ved IR-varme. Et sort pulver absorberer typisk mere varme end et hvidt.

I nedenstående skema er forsøgene og resultaterne fra de indledende forsøg samlet.

Forsøgsoversigt

Screening-forsøg til udvælgelse af egnede materialekombinationer.

Træmaterialer er forvarmede før påføring af pulver og hærtningen er udført i IR-ovn.

Træmateriale	Pulvertype	Resultat
MDF (Medium Density Fiberboard)	Pulver A	Pulverbehandling af MDF er mulig. Tendensen til blæredannelser/pustninger under hærtningen er lille ved anvendelse af et lavtemperaturhærdende pulver. Det kan ikke anbefales at benytte et pulver med hærdetemperatur over 140°C. Det er muligt at overfladebehandle med ét lag pulver og opnå et godt resultat
	Pulver B	
	Pulver C	
	Pulver D	
Spånplade	Pulver A	Pulverbehandling af spånplade er mulig, men da der er ret stor tendens til blæredannelse i pulverbehandlingen under hærtningen, kan det ikke anbefales med mindre overfladebehandlingen opbygges af flere lag. Pulverbehandling af kanterne er ikke umiddelbart mulig.
	Pulver D	
Krydsfinér	Pulver A	Pulverbehandling af krydsfinér er ikke hensigtsmæssig da luftafgivelsen fra finèren er stor ved opvarmning. Der er således stor tendens til blæredannelse/pustninger i pulverbehandlingen under hærtningen. Det er hverken muligt at anvende et standard- eller et lavtemperaturhærdende pulver med et godt resultat.
	Pulver D	
Massivt bøgetræ	Pulver A	Pulverbehandling af massivt bøgetræ er mulig, men da der er ret stor tendens til blæredannelse/pustninger, kan det ikke anbefales, med mindre overfladebehandlingen opbygges af flere lag pulver. En grunding med våd lak af overfladen mindsker blæredannelsen.
	Pulver D	

Udvalgte materialer

Ud fra screening-forsøgene blev således udvalgt træmaterialet MDF, og en lavtemperaturhærdende pulver til afprøvning i de efterfølgende forsøg.

7. Påføring og hærdning af pulver

Forløbet i pulverbehandlingen kan opdeles i 4 faser:

1. Forvarmning
2. Pulverpåføring
3. Hærdning
4. (Efterhærdning)

Det centrale problem er, at opnå en tilstrækkelig hærdning samtidig med en tilfredsstillende overfladefinish.

I det følgende beskrives forvarme-, påførings- og hærdeforløbet i detaljer.

7.1 Forvarmningen og dens betydning

Forvarmning af metal

Metalemnar kan forvarmes i forbindelse med pulverbehandling. Den varme, som er nødvendig til smeltning af pulveret dækkes normalt af varmeindholdet i det emne, der skal belægges.

Tyndvæggede metaldele opvarmes hurtigt, men afkøles også hurtigt, hvorimod tykvæggede metaldele opvarmes og afkøles langsomt. Tyndvæggede dele kræver derfor højere forvarmetemperatur.

Støbegodsemner kan, afhængig af porøsitet, forvarmes i længere tid ved en temperatur på ca. 200°C for at uddrive luften i det porøse metal. Optræder der blærer i belægningen, som følge af afgasning, må forvarmetiden forlænges.

Ovenstående, relativt simple regler er gældende for metalemnar. Når underlaget er træ eller træbaseret kompliceres forholdene.

Forvarmning af træ

Træ er et varmefølsomt materiale (især ved temperaturer over 100°C) og samtidig porøst. Træets varmefylde er ca. 1500 J/kg K (for tørt træ - og stigende med stigende fugtindhold) og varmeledningsevnen er 0,1 - 0,4 W/m K (afhængig af trætypen og fiberretningen).

Forholdene ændres lidt i det øjeblik der er pulver på overfladen, idet pulverets (polyester) varmefylde og varmeledningsevne ca. er 100-200 J/kg K henholdsvis 0,15-0,25 W/m K.

Til sammenligning har jern en varmefylde på ca. 450 J/kg K og en varmeledningsevne på 76 W/m K.

Træet er således vanskeligt at opvarme - der kræves meget energi - og materialet fordeler (leder) ikke varmen særlig godt.

Den dårlige varmeledningsevne bevirker således, at kun overfladen opvarmes ved en hurtig opvarmning, hvilket i denne forbindelse er en positiv egenskab.

Træets egenskaber udnyttes derfor bedst ved at benytte IR-varme, i hvert fald til forvarmningen. Denne varme er meget koncentreret hvorved træoverfladen hovedsagelig opvarmes. Dette er ønskeligt for at mindske luftafgivelsen fra træet og dermed blæredannelsen i pulverbehandlingen i forbindelse med den efterfølgende hærdning.

Det er ikke som for støbegods muligt at drive al luften (luft og fugt) ud af emnet ved en forvarmning, da træet skal indeholde en vis mængde fugt for at være elektrisk ledende

og dermed egnet til den efterfølgende elektrostatiske påføring af pulver. Ydermere skal træet indeholde en vis mængde fugt, svarende til det miljø det skal placeres i under brug, for at undgå for store fugtbetingede bevægelser af træet.

Forvarmning af træet er hensigtsmæssig/nødvendig, idet pulverets flydning herved forbedres væsentligt.

Det er både vigtigt at træmaterialet forvarmes før pulverpåføringen, og at den første opvarmning efter pulverpåføringen er tilstrækkelig kraftig. Derved kommer pulvertemperaturen hurtigt op på smeltepunktet og pulveret flyder helt sammen inden hærdeningen starter.

Forsøg med lavtemperaturhærdende pulvertyper med et smeltepunkt på ca. 70°C viser, at forvarmning til en overfladetemperatur (målt i pulverboksen) på 70-80°C, opnået på 0,5 - 1 min. i IR-ovn er hensigtsmæssig.

Jo højere træets overfladetemperatur er, jo bedre flyder pulveret (overfladetemperaturen må dog ikke overstige hærdetemperaturen, idet der da vil opstå "appelsinhud"). Omvendt sker luftafgivelsen hurtigere fra træet også under den efterfølgende hærdening, hvilket vil sige, at man netop skal forvarme til en så høj overfladetemperatur at pulveret flyder, dvs. lige over pulverets smeltepunkt og ikke meget højere da tendensen til blæredannelse under hærdeningen derefter forøges.

Pulverpåføringen skal ske umiddelbart efter forvarmningen, idet træets overfladetemperatur falder meget hurtigt.

7.2 Påføring

Elektrokinetisk (friktion)/elektrostatisk påføring af pulver er mulig såfremt træfugtigheden er tilstrækkelig.

Træfugtighed

På træemner, som har været lagret ved 50% RF og 20°C er pulverfordelingen på emnet jævn og pulverets sætning (vedhæftning) på emnet er ligeledes god. I afsnit 6.2.1 beskrives forsøg hvor træfugtighedens indflydelse på påføringen er undersøgt.

Opladningsprincip

Påføring af pulver er hovedsagelig udført ved elektrokinetisk opladning (friktion).

Ved påføring på træemner, som er mindre ledende end metalemner, er ren friktionsopladning ofte at foretrække, idet de angivende jordede metaldele (sprøjteboks, ophæng, conveyor) ikke vil være lige så forstyrrende (tiltrække pulveret) som ved anvendelse af elektrostatisk opladning. I litteraturen beskrives friktionsopladning ligeledes som egnet i forbindelse med påføring af pulver på træemner.

De afprøvede pulvertyper er næsten alle egnede til friktionsopladning. I forsøgene blev der som ovenfor nævnt hovedsagelig anvendt friktionsopladning, og i tilfælde hvor det ikke syntes tilstrækkeligt til opnåelse af god vedhæftning og jævn fordeling af det uhardede pulver på emnet, blev der suppleret med elektrostatisk opladning. Idet en kombinationspistol blev anvendt, var det muligt at kombinere elektrostatisk og friktionsopladning.

Ved forsøgene blev sprøjtningen optimeret i hvert enkelt tilfælde, således at den udsprøjtede mængde, fordelingen af pulver i sprøjtetågen og opladningen var ensartet fra gang til gang.

Den påførte pulverlagtykkelse på prøveemnerne var mellem 80 og 100 μm .

7.2.1 Betydningen af træets fugtindhold

Det er muligt at påføre pulver ved hjælp af elektrokinetisk/elektrostatisk sprøjtning med et godt resultat, hvis blot træfugtigheden er tilstrækkelig (se afsnit 4.1).

Fugtindholdet i træet er afgørende for træets ledningsevne, og da elektrostatisk/elektrokinetisk sprøjtning kræver, at emnet hvorpå der sprøjtes er ledende, spiller fugtindholdet en afgørende rolle.

Fugtindholdet har desuden betydning for tendensen til blæredannelse i pulverbehandlingen under hærdeningen. Jo større fugtindhold jo større er tendensen til blæredannelse.

Der er udført en række forsøg for at undersøge hvor lille et fugtindhold der kan tillades, når det samtidig skal være muligt at påføre pulveret elektrokinetisk/elektrostatisk.

De udførte forsøg

Prøveemner af MDF har været lagret under følgende 3 betingelser indtil ligevægt mellem omgivelser og emner er opnået:

- 20% RF og 20°C
- 35% RF og 20°C
- 50% RF og 20°C

Derefter er emnerne pudset med slibepapir korn 180 og pulver er påført, dels ved ren friktionsopladning, dels ved kombination af friktions og elektrostatisk opladning (kombinationsopladning).

Påføringen er i alle forsøg udført med det samme pulver og de samme påføringsparametre, og lagtykkelsen er ensartet fra gang til gang.

Efter pulverpåføringen blev prøveemnerne undersøgt ved en såkaldt "Pow Test". Ved denne test placeres prøveemnet foran en dyse, i en veldefineret afstand. Pow Test-pistolen stilles til et tryk på 1,6 bar under drift, og med dette tryk blæses der på det pulverbelagte emne, hvorved der blotlægges et areal ud for dysen. Diameteren af dette areal måles, og er et udtryk for pulverets vedhæftning til underlaget. Resultatet fra testen opgives, dels som diameteren, dels i form af bemærkninger til pulverfordelingen på emnet.

Resultaterne fra de udførte forsøg kan ses i efterfølgende skema. Der er ved hvert forsøg udført tripelbestemmelse, og gennemsnittet er udregnet.

Pow Test - Pulver A afprøvet på MDF

Konditionering	MDF 50% RF, 20°C	MDF 35% RF, 20°C	MDF 20% RF, 20°C
Træets fugtindhold (%)	Ca. 6%	Ca. 5%	Ca. 4%
Påføring med ren friktionsopladning (diameter angivet i cm)	1. 9,75 Gns. 2. 9,5 9,6 3. 9,5	1. 10,25 Gns. 2. 10,0 10,1 3. 10,0	1. 10,25 Gns. 2. 11,5 11,25 3. 12,0
Påføring med kombinationsopladning (diameter angivet i cm)	1. 8,25 Gns. 2. 9,5 8,8 3. 8,75	1. 9,5 Gns. 2. 9,0 9,3 3. 9,5	1. 9,25 Gns. 2. 9,25 9,25 3. 9,25
Bemærkninger	Pulverets fordeling på emnet er god. Der opnås fin omslagseffekt og dækning af emnet. Emneophængning er ikke kritisk (jording)	Pulverets fordeling på emnet er acceptabel, dog er det vigtigt at jordingen er god. Der opnås en god omslagseffekt og en rimelig dækning af emnet. Med kombinationssprøjtning forbedres vedhæftning og fordeling i forhold til ren friktionssprøjtning	Pulverets fordeling på emnet er dårlig. Der skal mange sprøjteslag til for at dække emnet. Omkring ophæng og ved kanter er det svært at dække emnet. Ved kombinationssprøjtning forbedres vedhæftning og fordeling i forhold til ren friktionssprøjtning

Kommentarer til resultaterne

Pulverets vedhæftning til MDF er acceptabel, hvis fugtindholdet er 5% og derover. Ved et fugtindhold under 5% er vedhæftningen mindre god og pulverets fordeling på emnet er dårlig. Et fugtindhold i den afprøvede MDF på 5% svarer til, at materialet har været lagret ved 35% RF og 20°C.

Pulver A's vedhæftning til underlaget forbedres ved anvendelse af kombinationsopladning i forhold til ren friktionsopladning. Ved ren friktionsopladning synes det imidlertid at være nemmere at opnå en god fordeling omkring ophængt end ved kombinationsopladning. Valg af opladningsprincip vil især afhænge af pulvertype, træmateriale (incl. fugtighed) og emneudformning.

Forsøgene viser desuden, at tendensen til blæredannelse ved "ren" IR-hærdning (se afsnit 6.3) mindskes ved anvendelse af MDF-plader med et lavere fugtindhold.

7.3 Hærdeforløbet

Efter forvarmning og pulverpåføring skal pulveret hærdes.

For at hærde pulveret skal tilføres en vis mængde energi, således at pulveret først bringes til at flyde ved dets smeltepunkt, dernæst til at hærde. Hærdningen starter ved en given minimumstemperatur, og hærdehastigheden (reaktionshastigheden) stiger jo højere temperaturen er. For at hærde pulveret fuldstændigt skal pulveret således opvarmes til en temperatur over den minimale hærdetemperatur i en given tid. Hærdeforløbet skal være så kortvarigt som muligt, især for at

undgå blæredannelse i pulverbehandlingen som følge af afgivelse af luft fra træet, (blærer ødelægger overfladens finish), men også for at hindre nedbrydning af træet.

Ligesom forvarmningen foregår hærdeningen - den første del - også i IR-ovn.

I litteraturen (reference nr. 6 i vedlagte litteraturreport - bilag 1) anføres IR-varme også i forbindelse med hærdening af pulver på træ. IR-varmen anvendes her alene.

Hærdening med IR-varme alene

I hovedparten af de udførte hærdeforsøg anvendtes udelukkende IR-varme. Resultatet heraf var, at der kunne fremstilles emner med meget fin finish, når blot emnerne kun havde opholdt sig i kort tid i IR-ovnen. Imidlertid kunne pulverbehandlingen ikke nå at hærde i den korte tid. Hvis emnerne opholdt sig i IR-ovnen gennem længere tid, resulterede det i en dårlig finish med blæredannelser, rynkedannelser og antagelig også i nogle tilfælde med dekomponering af pulveret til følge.

For at imødegå disse uheldige tendenser blev det forsøgt at ændre hærdeforløbet i IR-ovnen på mange forskellige måder. Effekten, panelernes afstand til emnet og opholdstider blev varieret.

Nogle kombinationer gav et bedre resultat end andre, men ingen var helt tilfredsstillende.

Nedenstående skema viser nogle af de opnåede resultater ved "ren" IR-hærdening.

Forsøg hvor der er anvendt "ren" IR-hærdening

Forsøg nr.	34	35	37	45	46	47	48	49	50
Pulver-type	Pulver D	Pulver D	Pulver C	Pulver D	Pulver D	Pulver D	Pulver D	Pulver D	Pulver D
For-varme	E 75 A 30 O 1	E 95 A 30 O 0,5	E 75 A 30 O 1,5	E 95 A 30 O 0,5	E 95 A 30 O 0,5	E 95 A 30 O 0,5	E 95 A 30 O 0,5	E 100 A 30 O 0,5	E 100 A 30 O 0,5
Hærd-ning	E 75 A 30 O 2,5	E 95 A 30 O 2	E 75 A 30 O 1,5	E 95 A 30 O 1,5	E 95 A 30 O 1,5	E 95 A 30 O 1,5	E 95 A 30 O 1	E 100 A 30 O 1,5	E 100 A 30 O 1
Efter-hærd-ning	-	-	E 75 A 30 O 3	-	E 95 A 30 O 1,6	E 75 A 30 O 2,5	E 95 A 30 O 1,5	-	-
Hærd-nings-grad	Ca. 70%	Ca. 80%	Ca. 70%	Ca. 60%	Ca. 80%	Ca. 90%	Ca. 60%	Ca. 70%	Ca. 25%
Be-mærk-ninger	Rynke-dannel-se. Enkelte røde misfarv-ninger	Rynke-dannel-se	Rynke-dannel-se	Rynke-dannel-se	Rynke-dannel-se. Enkelte røde misfarv-ninger	Rynke-dannel-se. Enkelte røde misfarv-ninger	Rynke-dannel-se. Enkelte røde misfarv-ninger	Rynke-dannel-se. Enkelte røde misfarv-ninger	Pæn overfla-definish

Forkortelser:

E = Lampeeffekt (%)

A = Afstand fra IR-panel til emne (cm)

O = Opholdstid i IR-ovn (min.)

Hærdningsgraden er kvantitativt bestemt ved Differential Scanning Calorimetri (DSC). Metoden beror på det princip, at et materiale vil afgive eller modtage varme ved opvarmning. For et termohærdende pulver gælder, at et ikke færdighærdet stof vil afgive en større varmeenergi end et fuldt hærdet materiale.

Kommentarer til skema

Af skema på foregående side kan ses, at det er muligt at hærdne pulveret næsten fuldstændig med den anvendte IR-ovn, men at den derved opnåede finish ikke er acceptabel. Det ses desuden, at hærdforløbet har stor betydning for den opnåede hærdningsgrad, idet denne varierer mellem 25 og 90%.

Hærdning med IR- og konvektionsvarme

Da det ikke var muligt at opnå et tilfredsstillende resultat med IR-hærdning alene, blev der udført forsøg med kombination af IR- og konvektionsvarme.

IR-varmen blev anvendt til den første del af hærdningen og konvektionsvarme til den sidste del.

Ved at anvende IR-varme i den første del opnåes at pulvertemperaturen hurtigt bringes op på smeltepunktet og at flydningen sker inden hærdningen går i gang. Derefter udhærdes pulveret ved konvektionsvarme og overfladen bevarer stort set den opnåede finish. Tendensen til rynkedannelse og misfarvninger nedsættes således væsentligt i forhold til den "rene" IR-hærdning.

En kombinationsovn med både IR- og konvektionsvarme på samme tid vil kunne give tilsvarende eller måske bedre resultater. Ligeledes er det muligt at ovne som afgiver stråling med bølgelængder i andre områder kan være mere egnede. Den anvendte IR-ovn udsender stråling med bølgelængder mellem 2500 og 5000 nm. I litteraturen anbefales bølgelængder i området mellem 1000 og 5000 nm (reference nr. 6 i vedlagte litteraturredat - bilag 1).

Nedenstående skema viser et udpluk af de opnåede resultater:

Forsøg hvor der er anvendt kombinationshærdning (IR og konvektion)

Forsøg nr.	151		165		166		167		168	
Pulvertype	Pulver C		Pulver C		Pulver C		Pulver E		Pulver E	
Forvarme	E	100	E	95	E	95	E	95	E	95
	A	25	A	25	A	25	A	25	A	25
	O	0.5	O	0.5	O	0.5	O	0.5	O	0.5
Hærdning ved IR	E	95	E	95	E	95	E	95	E	95
	A	25	A	25	A	25	A	25	A	25
	O	1	O	0.75	O	0.80	O	0.75	O	0.75
Hærdning ved konvektion	T	150	T	165	T	165	T	165	T	165
	O	10	O	10	O	10	O	10	O	10
Hærdningsgrad	Ca. 70%		Ca. 65%		Ca. 75%		Ca. 60%		Ca. 65%	
Bemærkninger	Pæn overflade-finish		Pæn overflade-finish		Pæn overflade-finish		Pæn overflade-finish		Pæn overflade-finish	

Forkortelser:

E = Lampeeffekt (% af fuld effekt)

A = Afstand fra IR-panel til emne (cm)

T = ovntemperatur (°C)

O = Opholdstid i ovn (min.)

Af skemaet kan ses, at det er muligt at hærde pulveret 75% med den beskrevne hærkning. En optimering af hærdeforløbet vil givet kunne forbedre hærkningsgraden væsentligt. Den opnåede overfladefinish er ifølge fagfolk acceptabel til mange formål. Selv kanterne kan belægges med pulver og hærdes med et godt resultat (se også kapitel 9).

Overfladerne på emne nr. 165, 166, 167, 168, er testet i henhold til møbelfakta. De udførte prøvninger og resultaterne heraf er beskrevet i kapitel 10. Disse prøvninger viser, at en hærkningsgrad på 70-75% resulterer i overfladeegenskaber, som er anvendelige til mange formål.

En mindre hærkningsgrad vil betyde, at overfladeegenskaberne er for dårlige og en højere hærkningsgrad vil resultere i bedre egenskaber. Det må tilstræbes at hærde pulverbehandling 100%. Overfladebehandling med pulver vil da være de fleste traditionelle behandlinger med vådlak overlegen.

7.3.1 Efterhærkning

Efterhærkningen skal færdighærde pulveret, hvis dette ikke er sket under den egentlige hærkning. Specielt i forbindelse med hærkning med IR-varme alene, er det meget svært at hærde pulveret tilstrækkeligt uden blære- og rynkedannelse.

Der blev derfor udført forsøg med efterhærkning. Efter den egentlige hærkning med IR-varme blev emnet afkølet og derefter efterhærket med IR-varme. Det resulterede imidlertid i yderligere rynkedannelse, så selv om pulveret blev hærket yderligere, synes det ikke at være en god løsning.

Ved hærkning med en kombination af IR- og konvektionsvarme vil behovet for at efterhærde givet være mindre.

Sammenfatning af hærdeforløbet

Til at hærde pulver på træ og træbaserede emner synes en kombination af IR- og konvektionsvarme at være egnet. De ovenfor beskrevne forsøg giver en kraftig indikation af dette. Yderligere forsøg til klarlæggelse af de nærmere betingelser bør udføres:

- skal IR- og konvektionsvarmen holdes adskilt eller skal de fungere på samme tid?
- skal der vælges specielle IR-lamper med et mere veldefineret bølglængdeområde?
- optimering af hærdeforløbet (effekter, afstande og opholdstider) i relation til udvalgt pulvertype, emneudformning og anvendelse.

8. Opbygning af overfladebehandling

Opbygning

En overfladebehandling af et lag pulver vil være at foretrække, men kan måske ikke i alle tilfælde opfylde krav til udseende, tekniske egenskaber m.v.

Det kan således være hensigtsmæssigt at kombinere en pulverbehandling med en grunder eller en toplak (opløsningsmiddelholdig eller vandig).

8.1 Ét lag pulver

På metal anvendes normalt kun et lag pulver, idet det er relativt store lagtykkelser som påføres og overfladeegenskaberne er almindeligvis udmærkede. En ét-lags behandling er ligeledes at foretrække på træ og vil i mange tilfælde være tilstrækkelig.

8.2 Flere lag pulver

En overfladebehandling kan dog bestå af flere lag pulver. På meget ujævne underlag kan det f.eks. være nødvendigt at påføre flere lag for at dække ujævnhederne, og i forbindelse med vedligehold kan det være nødvendigt at påføre endnu et lag pulver.

I et tidligere udført projekt ved Dansk Teknologisk Institut/Overfladeteknik, "Vedligehold af pulvermalede overflader" ^①, er anvendelsen af flere lag pulver undersøgt.

Her konkluderes, at pulvermaling stort set kan anvendes på pulvermaling med et tilfredsstillende resultat, når blot termohærdende pulver anvendes på termohærdende pulver og termoplastisk på termoplastisk pulver.

Resultater af udførte forsøg

Ved anvendelse af flere lag pulver (samme pulver) på træbaserede underlag kan der opstå lidt rynkedannelse og en urolig overflade ved hærdningen af 2. lag pulver. Dette fænomen kendes også fra anvendelse af flere lag pulver på stål.

8.3 Grundning af træ før pulverbehandling

Der kan være flere årsager til at grunde træet før pulverbehandling.

En grundning og dermed en forsegling af overfladen før pulverbehandling kan hindre/nedsætte tendensen til dannelse af bobler og pinholes i pulverbelægningen.

Pulverets vedhæftning til træoverfladen er normalt god, men i specielle tilfælde kan en grundning måske forbedre vedhæftningen.

En grundning kan desuden beskytte træet mod varme og gøre træoverfladen ledende (hvis grunderen er en elektrisk ledende lak). En "ledelak" kan være hensigtsmæssig, hvor det ikke er muligt at gøre træmaterialet tilstrækkelig ledende alene ved fugtindholdet i træet.

Udførte forsøg

Der har været udført forsøg med grundning af træoverfladen før pulverbehandling.

Som grunder blev anvendt en syrehærdende lak. Denne blev påført træoverfladen (spånplade og MDF), i en tilstrækkelig lagtykkelse til at overfladen blev fuldstændig lukket/forseglet.

Efter tørring, hærdning og mellemslibning af grunderen blev pulveret påført og hærdet. Pulver C blev anvendt til disse forsøg.

Resultater

Forsøgene viste, at den anvendte syrehærdende grunder ikke arbejder godt sammen med pulverbehandlingen. Resultatet er bl.a. rynkedannelse i overfladebehandlingen.

Det er således vigtigt, at grundertypen vælges efter den pulvertype som skal anvendes. Ligeledes er det vigtigt, at der udføres indledende forsøg med den valgte materialekombination.

8.4 Toplak påført pulverlakken

Toplak kan påføres pulverbelægningen hvis pulverets finish ikke er tilstrækkelig god, eller hvis de opnåede overfladeegenskaber ikke er tilstrækkelige. Endvidere kan toplak anvendes ved reparation af pulverbehandlingen.

Omvendt kan pulver anvendes som grunder for toplak i tilfælde hvor det er en teknisk god og billig løsning. På spånplade er det f.eks. nødvendigt at udfylde den relativt ujævne overflade før overfladebehandling - det kunne en pulverbehandling måske gøre.

Udførte forsøg

Der er udført forsøg hvor MDF-plader overfladebehandlet med pulver C er påført en våd toplak. Den anvendte toplak var en syrehærdende emalje. Før påføringen af toplakken blev pulverbehandlingen mellemslebet.

Resultater

Forsøgene viste, at det er muligt at påføre en toplak ovenpå pulverbehandlingen og opnå et godt resultat.

Den påførte emaljes vedhæftning til pulverbehandlingen er god og den opnåede finish er udmærket.

Det er relativt let at mellemslib i pulverbehandlingen. Der er dog tendens til at pudsebåndet brænder fast i behandlingen. Denne tendens er afhængig af hærdningsgraden. Ved mellemslibning i pulverbehandlingen bør man sikre sig at behandlingen er hærdet for at undgå sundhedsmæssige gener ved det dannede støv.

Projektet "Vedligehold af pulvermalede overflader" ¹ anviser muligheder for anvendelse af våde malinger (lakker til reparation af pulverbehandlede overflader).

I denne rapport konkluderes, at det er muligt at vedligeholde pulvermalede overflader med våde malinger/lakker, både vandige og opløsningsmiddelholdige. Ved vedligehold med vandige materialer bør dokumentation for et projekts egnethed foreligge.

Ved anvendelse af opløsningsmiddelholdige systemer er der større sandsynlighed for at få et godt resultat. To-komponent epoxymaling kan stort set anvendes på samtlige pulverbelægninger, både nye og ældede.

Reference

¹ Rachlitz M., Jensen, N.L.: Vedligehold af pulvermalede overflader, Teknologisk Institut/Overfladeteknik, 1987

9. Pulverlakering af kanter

Kanter på spånplader, MDF, krydsfiner m.v. udgør et specielt kapitel i træindustrien.

Det er ikke i dag muligt at behandle disse kanter på en simpel og billig måde.

Hvis kanterne skal overfladebehandles direkte kræves der mange lag maling/lak, og hvis der pålimes kantlister betyder det en ekstra arbejdsoperation.

Udførte forsøg

Forsøg har vist, at det er muligt med ét lag pulver at overfladebehandle direkte på MDF-kanterne med et tilfredsstillende resultat.

Pulverbehandling af kanterne forudsætter imidlertid en god pudsning. De udførte forsøg viste, at en pudsning med slibepapir korn 240 er nødvendig i de fleste tilfælde for at hindre at træfibrene, især fra de midterste trælager, stikker ud gennem pulverbehandlingen.

Kantbehandling med pulver udføres i øvrigt på samme måde som på de plane flader.

Emnet forvarmes, pulveret påføres og hærdes. Ved påsprøjtningen af pulver modtager kanterne normalt pulver to gange, idet begge sider af emnet skal sprøjtes.

Dette giver et godt resultat - kanterne kan bære denne lidt større lagtykkelse.

Omkring skarpe kanter, dækker pulveret meget fint.

Andre udfræsninger

Da det er muligt at pulverbehandle kanterne, må det også formodes at være muligt at pulverbehandle udfræsninger i plane flader. En forudsætning er dog en god pudsning af udfræsningen.

Forsøg til dokumentation af dette bør udføres.

10. Prøvning af de færdigbehandlede overflader

Overfladeprøvningerne er foretaget på emnerne 165, 166, 167 og 168. Emne nr. 165 og 166 er behandlet med et lag pulver C og nr. 167 og 168 er behandlet med et lag pulver E.

De fire emner er hærdet under samme betingelser og er opbevaret i klimakammer ved 20°C og 50% RF inden prøvningens start.

Prøvningerne omfatter mekaniske- og væskepåvirkninger af overfladen. Prøvningsmetoderne er valgt og bedømt ud fra Møbelfakta samt andre standardiserede prøvningsmetoder. Væskeprøvningerne fra Møbelfakta-systemet er et udsnit af systemets samlede prøvningsprogram.

Møbelfakta-prøvninger udføres på lakbehandlede møbeloverflader.

Følgende prøvninger er udført:

Væskepåvirkninger

Møbelfakta, bedømt efter SIS 83918 ~
DS/ISO 4211-1981

- Vand i 24 timer (SIS 839118)
- Fedt i 24 timer (SIS 839118)
- Kaffe i 24 timer (SIS 839118)
- Alkohol 48% i 1 time (SIS 839118)
- Acetone i 2 min. (SIS 839118)

En filtrondel gennemvædes med den aktuelle væske og lægges på prøveemnets overflade i det fastlagte tidsrum. Efter påvirkningen aftages rondellen og prøvningsområdet henstår upåvirket i 24 timer, hvorefter der foretages en afvaskning med efterfølgende bedømmelse.

Det skal bemærkes, at det højeste krav til kaffe er 16 timers påvirkning, men i dette tilfælde er der valgt et tidsinterval på 24 timer, for at udsætte overfladen for ekstra hård belastning.

Bedømmelse af resultat sker efter følgende skala:

- Resultat 5: Ingen skade (ingen synlige forandringer)
- Resultat 4: Svag glansændring. Kun synlig når lyskilden spejler sig i overfladen
- Resultat 3: Svagt mærke, synligt fra flere vinkler
- Resultat 2: Kraftigt mærke, overfladens struktur stort set uændret
- Resultat 1: Kraftigt mærke, overfladens struktur forandret, lakken helt eller delvis fjernet, filtrerpapir fra prøven sidder fast.

Mekaniske påvirkninger

Ridsning

Møbelfakta - udført og bedømt efter SIS 839117.

Ridsningen foretages med en ridsespids (kugle med ϕ 0,5 mm) der belastes fra 3N til 7N (begge værdier incl.). Ridsespidsen trækkes med belastning hen over emnets overflade. Ridsen i lakoverfladen må max. være 0,5 mm bred og uden sprængninger af laklaget.

I denne prøvning er der yderligere afprøvet med 8N, 12N og 18N for at konstatere hvor meget overfladerne kunne holde til.

Slagprøve

Slagprøverne er udført efter SS 839123 ~ DS 2177 og bedømt efter DVN's krav 2507:2.

Prøvningen udføres normalt på lakbehandlede køkkenlågekanter og køkkenbordsplader.

Prøvningen foretages ved, at et 500 g lod falder frit fra faldhøjdeemne 10, 25 og 50 mm ned på en stålkugle (14 mm i diameter) som hviler på emnets overflade.

Prøvningen udføres for at konstatere hvor modstandsdygtig lak og underlag sammen er overfor slag.

Ved denne prøvning er der foretaget en prøvning med ekstra belastning (100 mm faldhøjde) for eventuelt at konstatere en styrkeforskel på de fire afprøvede emner.

Slagmærkerne må være 4 mm i diameter og uden sprængninger af overfladen ved mindst 25 mm faldhøjde.

Vedhæftning

Prøvning af overfladens vedhæftning til underlaget udføres og bedømmes ifølge ISO 2409 (cross cut test).

Der snittes igennem lakoverfladen ned til underlaget med en skalpel eller lignende, med 1 mm mellemrum. Der snittes 90° på allerede foretaget snit, således at der fremkommer et gittersnit. Et stykke Tesa-Tape påsættes gittersnittet og afri-
ves. Resultatet bedømmes efter en skala fra 0-5, hvor 0 er særdeles god og 5 særdeles dårlig vedhæftning, afhængig af hvor rene de tilbageblevne snitråde er og hvor meget lakmateriale der er løsnet.

Klimakammerprøvning

Pulverlakerede emner indsættes i henholdsvis:

Tørt klima: 20°C og 20% relativ luftfugtighed ~ ca. 4% træfugtighed

Fugtigt klima: 20°C og 85% relativ luftfugtighed ~ ca. 18% træfugtighed

Emnernes tykkelse, bredde og længde er målt inden indsætning og emnerne var konditioneret i klimakammer ved 20°C og 50% relativ luftfugtighed. Efter et givet tidsrum flyttes halvdelen af emnerne til de modsatte klima. Emnerne er pulverbehandlet på fladerne, men ikke på kanterne. Disse er forseglet med alu-tape.

Prøvningen foretages for eventuelt at kunne konstatere i hvilket omfang pulverlakerede emner påvirkes af vekslende, ekstreme klimaforhold.

Emne: Nr. 165
 Pulvertype: Pulver C
 Hærdningsgrad: Ca. 65%
 Træmateriale: MDF-Topan

Væsker ifølge Møbelfakta, SIS 839118 ~ DS/ISO 4211-1981

	Bedømmelse
Vand i 24 timer	5
Fedt i 24 timer	5
Kaffe i 24 timer	5
48% alkohol i 1 time	5
Acetone i 2 min.	1

Ridsning ifølge Møbelfakta, SIS 839117

	Resultat
Ingen skade ved: 18 Newton Ridse: 0,5 mm ved 18 Newton Gennembrud: Ingen	Opfylder højeste krav

Slagprøve ifølge DVN 2507:2

	Faldhøjde			
	10 mm	25 mm	50 mm	100 mm
Bedømmelse 1 Slagm. ϕ	5 -	3 2,9	3 3,6	
Bedømmelse 2 Slagm. ϕ	5 -	5 -	3 3,6	
Bedømmelse 3 Slagm. ϕ	5 -	3 3,0	3 3,5	2 4,1
Bedømmelse 4 Slagm. ϕ	5 -	5 -	3 3,3	2 4,5
Bedømmelse 4 Slagm. ϕ	5 -	3 3,4	3 3,2	2 4,6
Resultat 1)	5	3	3	2
Resultat 2)	-	1,9	3,4	4,4

Resultat : Ikke brugseget

Vedhæftning ifølge ISO 2409

Resultat	Bemærkninger
1. (god)	I snittenes skæringspunkter er små stykker af malingfilmen løsnet. Op til 5% af filmen er løsnet

Emne: Nr. 166
 Pulvertype: Pulver C
 Hærdningsgrad: Ca. 75%
 Træmateriale: MDF-Topan

Væsker ifølge Møbelfakta, SIS 839118 ~ DS/ISO 4211-1981

	Bedømmelse
Vand i 24 timer	5
Fedt i 24 timer	5
Kaffe i 24 timer	5
48% alkohol i 1 time	5
Acetone i 2 min.	3

Ridsning ifølge Møbelfakta, SIS 839117

	Resultat
Ingen skade ved: 18 Newton Ridse: 0,5 mm ved 18 Newton Gennembrud: Ingen	Opfylder højeste krav

Slagprøve ifølge DVN 2507:2

	Faldhøjde			
	10 mm	25 mm	50 mm	100 mm
Bedømmelse 1	5	5	3	
Slagm. ϕ	-	3,0	3,4	
Bedømmelse 2	5	4	3	
Slagm. ϕ	-	3,0	3,5	
Bedømmelse 3	5	3	3	2
Slagm. ϕ	-	3,1	3,3	3,7
Bedømmelse 4	5	3	4	2
Slagm. ϕ	-	3,0	3,0	3,7
Bedømmelse 5	3	2	3	2
Slagm. ϕ	2,6	3,3	3,2	4,3
Resultat 1)	5	3	3	2
Resultat 2)	2,6	3,1	3,3	3,9

Resultat : Ikke brugsegnet

Vedhæftning ifølge ISO 2409

Resultat	Bemærkninger
O (særdeles god)	Snitrundene er fuldstændig glatte. Intet kvadrat i gittersnittet er løsnet.

Emne: Nr. 167
 Pulvertype: Pulver E
 Hærdningsgrad: Ca. 60%
 Træmateriale: MDF-Topan

Væsker ifølge Møbelfakta, SIS 839118 ~ DS/ISO 4211-1981

	Bedømmelse
Vand i 24 timer	5
Fedt i 24 timer	5
Kaffe i 24 timer	5
48% alkohol i 1 time	3
Acetone i 2 min.	1

Ridsning ifølge Møbelfakta, SIS 839117

	Resultat
Ingen skade ved: 8 Newton Ridse: Ingen Gennembrud ved: 12 Newton	Opfylder højeste krav

Slagprøve ifølge DVN 2507:2

	Faldhøjde			
	10 mm	25 mm	50 mm	100 mm
Bedømmelse 1 Slagm. ϕ	3 2,0	2 2,7	1 3,0	
Bedømmelse 2 Slagm. ϕ	3 2,2	2 2,7	1 3,3	
Bedømmelse 3 Slagm. ϕ	3 2,1	2 2,7	2 3,2	1 4,4
Bedømmelse 4 Slagm. ϕ	3 2,3	2 2,8	1 3,4	1 4,4
Bedømmelse 5 Slagm. ϕ	3 2,3	2 2,8	2 3,0	1 4,5
Resultat 1)	3	2	1	1
Resultat 2)	2,2	2,7	3,2	4,4

Resultat : Ikke brugsegnet

Vedhæftning ifølge ISO 2409

Resultat	Bemærkninger
5 (uacceptabel)	Lakfilmen er løsnet i hele gittersnittet.

Emne: Nr. 168
 Pulvertype: Pulver E
 Hærdningsgrad: Ca. 65%
 Træmateriale: MDF-Topan

Væsker ifølge Møbelfakta, SIS 839118 ~ DS/ISO 4211-1981

	Bedømmelse
Vand i 24 timer	5
Fedt i 24 timer	5
Kaffe i 24 timer	5
48% alkohol i 1 time	5
Acetone i 2 min.	1

Ridsning ifølge Møbelfakta, SIS 839117

	Resultat
Ingen skade ved: 8 Newton Ridse: Ingen Gennembrud ved: 12 Newton	Opfylder højeste krav

Slagprøve ifølge DVN 2507:2

	Faldhøjde			
	10 mm	25 mm	50 mm	100 mm
Bedømmelse 1 Slagm. ϕ	3 2,4	3 2,6	2 3,0	
Bedømmelse 2 Slagm. ϕ	3 2,2	3 2,7	2 2,9	
Bedømmelse 3 Slagm. ϕ	3 2,4	2 3,1	3 3,2	1 3,6
Bedømmelse 4 Slagm. ϕ	5 -	3 3,0	2 3,4	1 3,9
Bedømmelse 5 Slagm. ϕ	3 2,4	2 3,1	3 3,2	1 3,6
Resultat 1)	3	3	2	1
Resultat 2)	1,9	2,9	3,1	3,7

Resultat : Ikke brugseget

Vedhæftning ifølge ISO 2409

Resultat	Bemærkninger
3 (dårlig)	Filmen er løsnet helt eller delvis i brede striber langs snitrande og/eller enkelte hvor dråber er løsnet. Mellem 15 og 35% af filmen er løsnet.

Klimakammerprøvning

Emne nr.	Dato/måling Startklima	Dato Klima	Dato Måling	Gennemsnitlig afvigelse
37 Længde × bredde Tykkelse: 1. 2. 3. 4.	05.03.90 20°C/80% RF 99,80 × 99,90 21,90 22,00 22,15 21,95	30.04.90 20°C/80% RF	21.05.90 99,90 × 99,90 22,05 22,20 22,25 22,20	+ 0,18 mm
47a Længde × bredde Tykkelse: 1. 2. 3. 4.	99,80 × 99,80 21,85 21,95 22,00 21,90		99,90 × 99,90 21,95 22,10 22,15 22,10	+ 0,15 mm
49 Længde × bredde Tykkelse: 1. 2. 3. 4.	99,85 × 99,60 22,00 22,05 21,95 21,90		100,00 × 99,75 22,40 22,30 22,20 22,40	+ 0,35 mm
46a Længde × bredde Tykkelse: 1. 2. 3. 4.	05.03.90 20°C/80% RF 99,35 × 99,85 22,00 22,20 22,00 21,95	30.04.90 20°C/30% RF	21.05.90 99,40 × 99,85 22,10 22,20 22,05 22,05	+ 0,06 mm
46b Længde × bredde Tykkelse: 1. 2. 3. 4.	05.03.90 20°C/30% RF 99,90 × 99,60 22,05 22,10 22,00 22,00	30.04.90 20°C/80% RF	21.05.90 99,50 22,05 22,10 22,00 22,05	+ 0,01 mm
47b Længde × bredde Tykkelse: 1. 2. 3. 4.	99,65 × 99,80 21,95 21,70 21,85 21,95		99,70 × 99,85 21,80 21,60 21,80 21,85	± 0,10 mm

Samtlige målinger er i mm

Prøvningsresultaterne for Møbelfakta-systemets væske- og ridsepåvirkning viser, at 3 af de afprøvede emner, Nr. 165, 166 og 168 er i stand til at opfylde Møbelfaktas strengeste kategori I, med min.kravet "alm. brugskrav". Dog med det forbehold, at der i denne prøvning ikke er afprøvet for tør- og fugtig varme, hvilket er nødvendigt for at hele kategorien kan opfylde alm. brugskrav. Se bilag 3 (specifikation af prøvningsningskategorier). Emne nr. 167 kan ikke opfylde alm. brugskrav, idet prøvningen for 48% alkohol har resultat 3, hvor der kræves 5.

Samtlige 4 overflader opfylder Møbelfaktas prøvningskategori IV, højeste krav, som anvendes til mindre belastede møbeldele som hyldesflader ved åbne hylder (se bilag 3).

Sammenholdes resultaterne fra Møbelfakta med overfladernes hærtningsgrader og der tages forbehold for emnernes forskellige pulvertyper, er det tydeligt at jo højere hærtningsgraden er, jo bedre er resultaterne. Emne nr. 166 med hærtningsgrad på ca. 75% er bedre end emne nr. 167 med hærtningsgrad på ca. 60%.

Resultaterne fra de mekaniske påvirkninger, slagprøve, vedhæftning og som allerede nævnt ridsning, viser at jo højere hærtningsgraden er, jo bedre modstandsdygtighed. Resultaterne viser også sammenhængen mellem dårlig vedhæftning og dårlig slag- og ridsefasthed. En underhærtnet pulver er sprød og sprænger derfor let ved slagpåvirkning og vil ligeledes have en dårlig vedhæftning.

Ingen af overfladerne opfylder DVN's min.krav, brugsegnet, for slagprøven. Men øges hærtningsgraden på emne nr. 166 med ca. 5-10%, er der stor sandsynlighed for at min.kravet ved 25 mm faldhøjde opfyldes.

Klimakammerprøven viser, at pulverbehandlingen (som ventet) ikke må betragtes som diffusionstæt og at pulverbehandlet MDF (med forbehold for lagtykkelse og pulvertype) kan variere i tykkelsen, op til ca. 0,40 mm.

Ingen af overfladerne har ændret sig efter at have været påvirket af de vekslende ekstreme klimaer. Men prøvningen indikerer, at pulverbehandling på MDF-kanter kræver god fleksibilitet for at kunne modstå svind og udvidelse af MDF-pladen.

Betragtes resultaterne samlet, med de opnåede styrkeegenskaber, er der allerede nu store anvendelsesmuligheder for pulveroverfladerne i møbel- og inventarindustrien, f.eks. hylder, sider i reoler og skabe, stolesæder, døre m.v.

11. Miljømæssige forhold omkring pulverlakering

Overfladebehandling med pulver er en mere miljøvenlig proces end arbejdet med almindelige våde lakker og maling, både hvad angår belastning af arbejdsmiljøet og det eksterne miljø.

Pulvermalinger adskiller sig fra andre maling ved, at de ikke indeholder opløsningsmidler eller andre flygtige komponenter. De medfører derfor en elimination af de risici som dampene fra andre typer maling (lak - især dampe af organiske opløsningsmidler) udgør. Anvendelse af sprøjteboks medfører at pulvermaterialet ikke spredes i arbejdslokalet, men kun optræder i og omkring boksen.

I det følgende beskrives arbejdsmiljø og eksternt miljø i forbindelse med anvendelse af pulver. Til slut beskrives specielle forhold som gør sig gældende ved pulverbehandling af træ.

11.1 Arbejdsmiljø

Pulvermaterialer indeholder hovedsagelig pigmenter, binder og hærder - altså ingen opløsningsmidler.

Mens nogle af råvarerne til pulverfremstilling må betegnes som sundhedsfarlige, anses de udhærdede pulveroverflader som helt ufarlige.

De risici der er mest relevante ved håndtering af pulver, er hudkontakt og indånding.

Ved hudkontakt udgøres faremomentet hovedsagelig af forekomst af reaktive grupper, mens faren ved indånding udgøres af såvel reaktive grupper som pigmenter og additiver.

Ved hærdeprocessen opstår spalteprodukter i mængder som angivet i nedenstående skema.

Pulvertype	Hærdning ved 200°C
EP EP/PE PE	> 1,0% vand < 0,1% organiske materiale

EP = Epoxy

PE = Polyester

Hovedparten af disse gasser vil normalt blive ført væk med ventilationsluften fra ovnen.

Pulver kan ved opvarmning til temperaturer over 300°C afgive toksiske spalteprodukter. Under hærdningen af pulver kommer temperaturen dog sjældent over 200°C.

Håndtering og mærkning

Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 199 af 26. marts 1985 giver instrukser om, hvordan produkterne skal håndteres. Bl.a. skal en særlig uddannelse gennemgås før man må arbejde med produkterne. Uddannelsen er af 2 dages varighed.

Ifølge bekendtgørelse nr. 463 af 2 august 1982, skal produkter som anvendes til erhvervmæssigt malearbejde MAL-

kodes. MAL-koden fortæller hvilke farer der er ved produktet og hvilke værnemidler der skal benyttes.

Pulvermaterialer kodes typisk 00-5 eller 0-5.

Brand- og eksplosionsfare

Selv om det anses for farligt at arbejde med støv-/luftblandinger, må det konstateres, at termohærdende pulvere er meget mindre risikable at anvende end opløsningsmiddelbaserede lakker/malinger.

Termohærdende pulvere er kun farlige i en nærmere begrænset pulverkonzentration. I et korrekt udformet og ledet pulverbehandlingssystem opstår disse koncentrationer kun inden sprøjte- og genopsamlingssystemet, og dette er der taget højde for ved udformningen.

Desuden er antændelsestemperaturen for de fleste pulver-/luftkoncentrationer meget høj, ca. 500°C for et typisk epoxypulver, hvor opløsningsmidlers antændelsestemperatur er 30-40°C.

11.2 Eksternt miljø

Belastningen af det eksterne miljø er begrænset til støvforurening.

Virksomheder som anvender pulver skal søge en såkaldt "kapitel 5" godkendelse ved nyetablering eller produktionsændring i henhold til Miljøbeskyttelsesloven.

Til den pulverforbrugende virksomhed stilles der ikke krav til mængde og koncentrationer af opløsningsmidler i afkastet, men til mængden og koncentrationen af støv.

Følgende krav til emission af støv er gældende:

Massestrøm kg/h	Emissionsgrænse mg/normal m ³	B-værdi
< 0,5	300	0,08
> 0,5	75	0,08
> 5	20-40	0,08

B-værdien gælder for støv under 10 µm og udtrykker den enkelte virksomheds maksimalt tilladelige bidrag til tilstedeværelsen af forurenende stoffer i luften.

Specielle forhold omkring pulverbehandling af træ

Ovenstående er generelle beskrivelser af de miljømæssige forhold i forbindelse med anvendelse af pulver til overfladebehandling.

De miljømæssige forhold er hovedsagelig undersøgt i forbindelse med pulverbehandling af metal, idet denne industri har anvendt pulveret i adskillige år.

Ved anvendelse af pulver til overfladebehandling af træbaserede underlag, er det naturligvis de samme forhold der gør sig gældende, hvad pulveret angår. Yderligere kommer der de miljømæssige forhold omkring slibestøv (træstøv). Dette problem kendes dog også fra træindustrien, hvor der benyttes vådlak.

Referencer

Engel Hansen, Lisbeth, Jensen Allan. Udkast vedr. miljøvurdering af pulvermalinger. Teknologisk Institut/Miljøteknik, Oktober 1989.

Harris S.T., The Technology of Powder Coatings, Portcullis Press, London 1976

Oplysninger fra seneste leverandørkataloger.

Litteraturundersøgelse vedrørende pulverbehandling af træ

Pulverbehandling af træ er beskrevet mange steder i litteraturen, og derudover er der patenteret metoder til pulverbehandling af celluloseholdige materialer. I det følgende beskrives indholdet fra forskellige artikler og patenter, der omhandler pulverbehandling af træ og hermed beslægtede materialer.

Nytænkning (1)

Industrien må konstant tænke i nye baner for bl.a. at kunne opfylde de skærpede miljømæssige krav samt mindske energiforbruget.

Den del af industrien, som beskæftiger sig med overfladebehandling må erstatte de opløsningsmiddelholdige malinge/lakker med alternative systemer, f.eks. vandige produkter, produkter med højt tørstofindhold eller produkter med 100% tørstof, såsom pulver. Pulverbehandling er dog ikke oprindeligt udviklet alene for at løse miljømæssige problemer, men dets betydning er så meget større i og med at det løser mange af disse problemer.

Pulverbehandling er udviklet til og benyttes fortrinsvis på metal, men udviklingen af nye pulvertyper har gjort det muligt også at anvende pulver på træemner.

Fordele og ulemper ved pulverbehandling (1, 2, 3, 4 og 5)

Den øgede konkurrence fra andre materialer, så som metal og plastic, gør det nødvendigt at forbedre overfladebehandlingen af træ og dermed øge/forbedre anvendelsesmulighederne for træprodukter. Der er mange fordele ved anvendelse af pulver til overfladebehandling af træ fremfor de traditionelle malinge/lakker:

- Behandlingen er miljøvenlig
- Materialeforbruget reduceres
- Energiforbruget reduceres
- Lagerpladsen reduceres
- Udgifter til brandsikring reduceres
- Laboratorieomkostningerne reduceres
- Hærdningen er hurtig.

Pulverbelægningen har desuden fine egenskaber:

- God udendørs holdbarhed, vandtæt
- God fleksibilitet
- God slidstyrke
- God kemikaliebestandighed

- God dækkeevne samt god evne til at skjule defekter i underlagets overflade
- Let at reparere
- Ikke brandfarlig
- Let at save og bore i.

Der findes dog også ulemper ved overfladebehandling med pulver:

- Vanskeligheder ved håndtering af emner umiddelbart efter hærkning
- Mulighed for sammenklæbning ved høje temperaturer (specielt udpræget for pulvertyper med lav hærdetemperatur)
- Fugtfølsomhed (under påføringen)
- Støvproblemer (under påføringen)
- Eksplosionsfare (under påføringen)
- Ikke muligt at påføre små lagtykkelser
- Tidskrævende at ændre farve

Pulverbelægnings fordele synes dog så rigeligt at opveje ulemperne.

Påføring og hærkning af pulver (1, 2, 3, 4, 5 og 6)

Man overfladebehandler metal og træ af de samme 2 grunde:

- for at beskytte
- for at dekorere,

men problemerne ved påføringen er ikke de samme.

Pulverbelægning af træ er problematisk, idet der kræves varme til udflydning og hærkning, og træ er et organisk materiale, der nedbrydes af varme. Ydermere er træ et porøst materiale, som indeholder luft og fugt, der ved opvarmning kan give anledning til bobler og pinholes (porer) i pulverbelægningen. Ved elektrostatisk sprøjtning kan der desuden opstå problemer på grund af træets begrænsede elektriske ledningsevne.

Påføring

Letheden hvormed pulveret kan påføres træemnet ved elektrostatisk sprøjtning afhænger af træets fugtindhold samt af emnernes volumen, vægt og form.

Tørt træ er ikke ledende og vil derfor ikke modtage de ladede pulverpartikler. Tilsvarende vil tynde eller små emner ikke få en dækkende overfladebehandling.

Fugtindholdet i træet må derfor løbende kontrolleres og små eller tynde emner forbindes til et ledende emne, som er jordforbundet. En anden mulighed for at gøre træet ledende er at grunde overfladen med en klar elektrisk ledende lak inden pulverpåføringen.

Hærdning

Hærdningen foregår ved varme, og da træ som nævnt er et meget varmfølsomt materiale, er det nødvendigt at hærdningen foregår hurtigt og ved en så lav hærdetemperatur som muligt (afhængig af pulvertypen). Hærdning sker i ovn eller ved IR-stråling. Den vigtigste forskel mellem hærdning i ovn og ved IR-stråling er, at varmen ved strålingen er meget koncentreret. Dette betyder, at hærdningen sker forholdsvis hurtigt, og at selve emnet ikke når at blive gennemvarmet.

Bobler og pinholes dannes meget let i forbindelse med hærdningen på grund af træets porøse struktur. Passende valg af temperaturer, forvarmningstid og hærdningstid kan dog løse dette problem.

En grunding af overfladen med en klar lak (eksempelvis en UV-lak) kan imidlertid afhjælpe de nævnte problemer, idet et sådant lag dels kan beskytte træet mod varmen (især ved hærdning med IR-stråling), dels lukke overfladen, så der ikke afgives luft/vanddamp med dannelse af bobler og pinholes til følge.

Valg af pulvertype (1, 6)

Det anvendte pulver skal være hurtigt hærdende og hærdetemperaturen skal være så lav som muligt. Ved hærdning med IR-stråler er hærdetiden mellem 20 og 50 sek. for transparente pulvertyper, mens den er 1 til 2 min for pigmenterede.

Der findes termoplastiske og termohærdende pulvertyper. I sidstnævnte foregår en kemisk hærdning mellem pulverets harpiksandel og dets hærder.

Den termohærdende harpiks er oftest en polyester, mens hærderen kan være forbindelser indeholdende glycidylgrupper til dannelse af rene polyestre, men epoxyresiner og isocyanater kan ligeledes anvendes.

Anvendelsesområder (1, 2, 4, 5)

Der findes mange anvendelser for pulverbelægninger. Det er specielt de pigmenterede pulvertyper der anvendes, men transparente pulvertyper findes. Hidtil har pulverbehandling været anvendt på komposittræ, f.eks. spånplader, fiberplader og krydsfiner på grund af disse materials store massefylde, men anvendelse på massivt træ, karton og papir har også fundet sted.

Pulverbehandlinger er især velegnede og fordelagtige hvor der stilles store krav til bestandighed og styrke, f.eks. til døre og køkkenelementer.

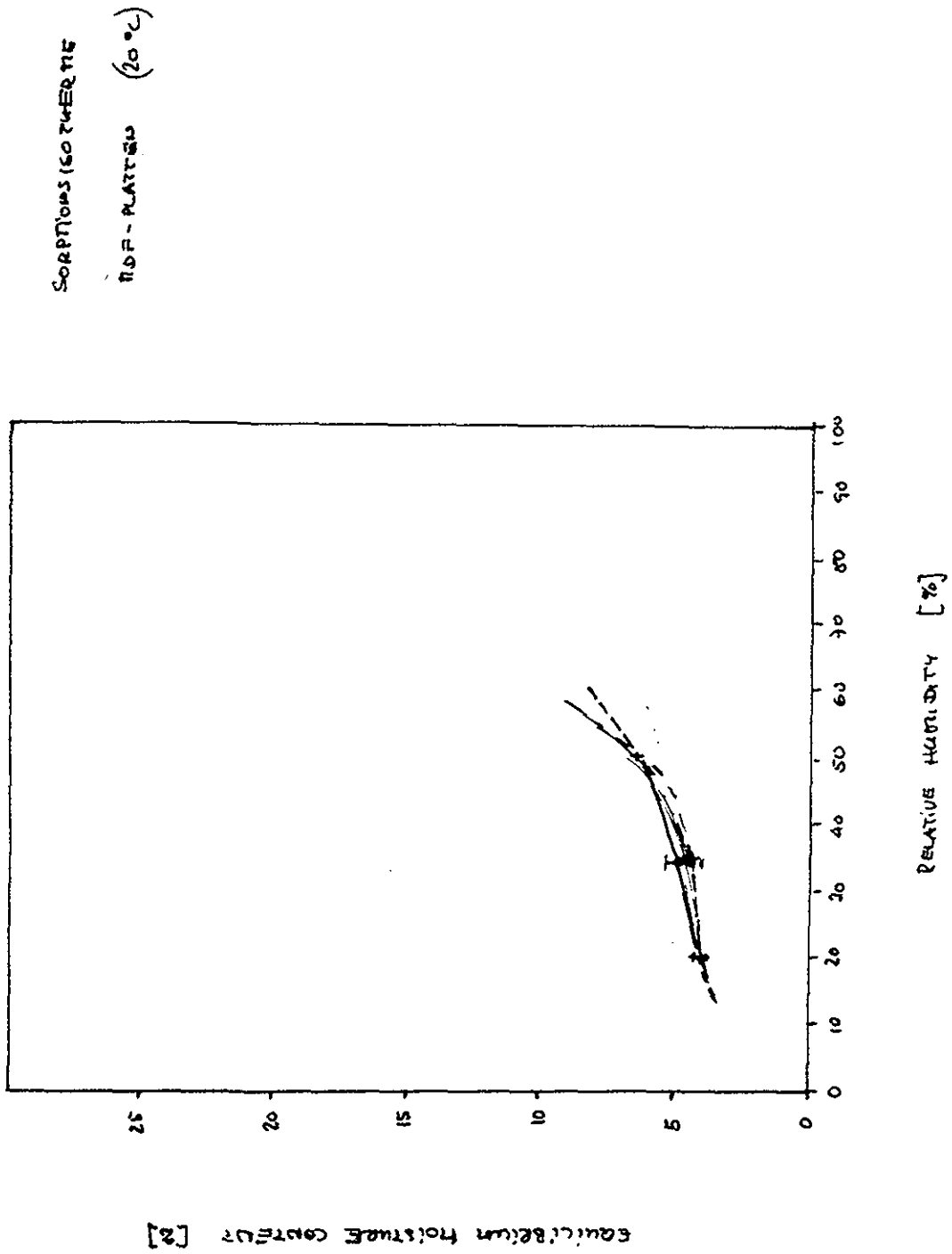
Diskussion

Som det fremgår af ovenstående synes der at være gode muligheder for at overfladebehandle træ med pulvermaling. Dette indtryk står i en bemærkelsesværdig kontrast til industriens praksis for nærværende.

Det må imidlertid erindres, at en del af den refererede litteratur omhandler patenter, at der ikke er foretaget nævneværdige undersøgelser af de behandlede fladers brugsegenskaber endside af den opnåede æstetiske effekt, samt at der i denne, som i andre brancher, gør sig en udpræget konservatisme gældende. Skal en møbelindustri skifte til en alternativ - mere miljøvenlig - behandling, vil man have mere nærliggende valgmuligheder i f.eks. UV-hærdende lakker. Springet til pulvermaling er teknologisk, og måske især psykologisk, meget stort. Litteraturen tyder imidlertid på, at det er muligt.

Referencer

1. Desai, Raman: Powder coating wood. Proc. 4 th. North American Conference on Powder Coating, 1976, p. 11-2
2. Holliday M.: Powder coating on wood. Powder coatings v 5 n 1, 1982, p. 21-22
3. Powder coating on wood based materials. FIRA Bull., vol 20 no. 70, 1980, p 5
4. Shaw, John: New process for powder coating chipboard. Product Finishing, vol 33 no. 3, 1980, p 36
5. Powder Coatings, Powder coating process for the wood finishing industry. Finishing Industries, vol. 4 no 7, 1980, p. 18 (23 pp)
6. Powder coatings cellulose fibre substrates. UK Patent Application GB 2 056 885 A, 1979



MI.PO 4 erstattes af SS 83 9122

Prøvningskategori I.

Omfatter: Bordpladens overside på arbejdsbord, konferencebord, maskinskrivningsbord, toiletbord.

	Alm. brugskrav	Høje krav	Højeste krav
	Ingen skade efter:	Ingen skade efter:	Ingen skade efter:
(a) Vand (SIS 839118) ¹⁾	6 timer	24 timer	24 timer
(b) Fedt (SIS 839118) ¹⁾ (MI.PO-41) ³⁾	24 timer	24 timer + ridse 8N	24 timer + ridse 12N
(c) Ridse (SIS 839117)	Intet krav	3 N	7 N
(d) Alkohol (SIS 839118) ¹⁾	1 time	6 timer	16 timer
(e) Kaffe (SIS 839118) ¹⁾	1 time	6 timer	16 timer
(f) Varme (SIS 184179) ²⁾	85°C	85°C	85°C + fugt
(g) Acetone (SIS 839118) ¹⁾	Intet krav	2 min.	2 min.

Anm. ¹⁾ Ved bedømmelse af prøven efter SIS 839118 godtages resultat 5 samt resultat 4 for acetone.

Anm. ²⁾ Ved bedømmelse af varmeprøven godtages resultat 5 ved bedømmelse efter skalaen i SIS 839118 pkt. 5

Anm. ³⁾ Ved bedømmelse af fedt på ridset overflade efter MI.PO-41 godtages resultat 4.

Prøvningskategori II

Omfatter: Bordpladens overside på spisebord, sofaborde, fræsætningsbord.

	Alm. brugskrav	Høje krav	Højeste krav
	Ingen skade efter:	Ingen skade efter:	Ingen skade efter:
(a) Vand (SIS 839118) ¹⁾	6 timer	24 timer	24 timer
(b) Fedt (SIS 839118) ¹⁾ (MI.PO-41) ³⁾	24 timer	24 timer + ridse 8N	24 timer + ridse 12N
(c) Ridse (SIS 839117)	Intet krav	3N	7N
(d) Alkohol (SIS 839118) ¹⁾	1 time	6 timer	16 timer
(e) Kaffe (SIS 839118) ¹⁾	1 time	6 timer	16 timer
(f) Varme (SIS 184179) ²⁾	85°C	85°C	85°C + fugt

Anm. ¹⁾ Ved bedømmelse af prøven efter SIS 839118 godtages resultat 5.

Anm. ²⁾ Ved bedømmelse af varmeprøven godtages resultat 5 ved bedømmelse efter skalaen i SIS 839118 pkt. 5.

Anm. ³⁾ Ved bedømmelse af fedt på ridset overflade efter MI.PO-41 godtages resultat 4.

SIS 839118 ~ DS/ISO 4211-1981

Prøvningskategori III.

Omfatter: Arbejdsplader, oversider på opbevaringsmøbler lavere end 100 cm. Hyldeflader, klapper i bærskab og i toiletskab.

	Alm. brugskrav	Høje krav	Højeste krav
	Ingen skade efter:	Ingen skade efter:	Ingen skade efter:
(a) Vand (SIS 839118) ¹⁾	6 timer	24 timer	24 timer
(b) Fedt (SIS 839118) ¹⁾ (MI.PO-41) ⁴⁾	24 timer	24 timer + ridse 8N	24 timer + ridse 12N
(c) Ridse (SIS 839117)	Intet krav	3N	7N
(d) Alkohol (SIS 839118) ¹⁾	1 time	6 timer	16 timer
(e) Kaffe (SIS 839118) ¹⁾	1 time	6 timer	16 timer
(f) Varme (SIS 184179) ³⁾	85°C	85°C	85°C + fugt
(g) Acetone (SIS 839118) ²⁾	Intet krav	2 min.	2 min.

Anm. ¹⁾ Ved bedømmelse af prøven efter SIS 839118 godtages resultat 4.

Anm. ²⁾ Acetone prøves kun på hyldeflader og klapper i toiletskab (Bedømmelse se Anm. ¹⁾ ovenstående)

Anm. ³⁾ Ved bedømmelse af varmeprøven godtages resultat 4 ved bedømmelse efter skalaen i SIS 839118 pkt. 5.

Anm. ⁴⁾ Ved bedømmelse af fedt på ridset overflade efter MI.PO-41 godtages resultat 4.

Prøvningskategori IV.

Omfatter: Hyldeflader ved åbne hylder, lakbehandlede sæder og armlæn på siddebøbler.

	Alm. brugskrav	Høje krav	Højeste krav
	Ingen skade efter:	Ingen skade efter:	Ingen skade efter:
(a) Vand (SIS 839118) ¹⁾	1 time	6 timer	24 timer
(b) Fedt (SIS 839118) ¹⁾ (MI.PO-41) ²⁾	24 timer	24 timer + ridse 8N	24 timer + ridse 12N
(c) Ridse (SIS 839117)	Intet krav	3N	7N

Anm. ¹⁾ Ved bedømmelse af prøven efter SIS 839118 godtages resultat 4.

Anm. ²⁾ Ved bedømmelse af fedt på ridset overflade efter MI.PO-41 godtages resultat 4.

Prøvningskategori V.

Omfatter: Øvrige, mindre udsatte, synlige lakbehandlede dele, der ikke omfattes af prøvningskategori-erne I-IV.

	Alm. brugskrav	Høje krav	Højeste krav
	Ingen skade efter:	Ingen skade efter:	Ingen skade efter:
(a) Vand (SIS 839118) ¹⁾	1 time	1 time	1 time
(b) Fedt (SIS 839118) ¹⁾	24 timer	24 timer	24 timer

Anm. ¹⁾ Ved bedømmelse af prøven efter SIS 839118 godtages resultat 4.

