



KORROSIONSCENTRALEN ATV  
PARK ALLÉ 345 · DK 2600 GLOSTRUP  
TELEFON (02) 63 11 00

TEKNOLOGIRÅDETS PROJEKT OM OVERFLADETEKNOLOGI

Torben Jensen

*sørnchysør*

## Indledning

Nærværende projekt indgår som en del af Teknologirådets Teknologiovervågningsprojekt, hvis overordnede formål er at afprøve effekten af teknologioverførselsesmetoder til dansk industri.

Målsætningen for dette projekt, Teknologiovervågning - Overfladeteknologi, er på målgruppens præmisser at indsamle information og viden om den nyeste udvikling inden for overfladeteknologien. Projektet gennemføres af Institutttet for Produktudvikling og Korrosionscentralen i samarbejde med ca. 30 danske industrivirksomheder.

Den indsamlede viden bearbejdes og videregives til målgruppen, således at den nye teknologi kan tilpasses og indføres i danske industrivirksomheder. Målet er øget konkurrenceevne og produktivitet, således at branchens beskæftigelse sikres.

Baggrunden for projektet er, at overfladeteknologien er inde i en kraftig udvikling, og nye metoder er allerede kendt og anvendt af industrien i udlandet. Metoderne har endnu ikke, eller kun i meget begrænset omfang, vundet indpas i dansk industri. Grunden hertil er utilstrækkelig information og begrænsede muligheder for teknologisk udvikling.

## Projektforløb

Ud fra de udvalgte og aktuelle områder inden for overfladeteknologien blev der udarbejdet en søgeprofil for litteratursøgning ved hjælp af datateknik. Søgningen blev gennemført af Dansk Teknisk Oplysningstjeneste og resulterede i 3700 litteraturreferencer med abstracts.

Efter gennemgang af abstracts, blev der på et møde med målgruppen givet en orienterende oversigt over metoder, egenskaber og anvendelsesområder inden for interesseområdet. Under mødet var der en løbende debat, hvor målgruppen tilkendegav, hvilke områder der havde interesse for dansk industri.

I projektets videre forløb vil der da blive foretaget en afvejning af områderne der har interesse, og der vil blive etableret arbejdsgrupper, som skal tilvejebringe den nødvendige viden og ekspertise inden for de valgte interesseområder.

I det følgende er der givet en kort gennemgang af de oprindelige interesseområder:

### 1. Kemisk nikkel

En af kemisk nikkels fordele er, at belægningen udfældes strømløst, hvorfor der opnås en ensartet belægningstykkelise selv på komplekse emner med mange kanter og hulrum.

For kemisk nikkel har der hovedsageligt været arbejdet med nikkel-fosfor, og anvendelsen sker allerede i nogen udstrækning i dag, hovedsageligt i USA.

Også nikkel-bor belægninger har fået forøget interesse og er nu ved at blive taget i anvendelse. Nikkel-bor belægninger har en større slidstyrke end nikkel-fosfor men er mindre korrosionsbestandige.

Ifølge litteraturen er det i dag muligt at fremstille kemisk nikkel belægninger med en porethæthed der giver en god korrosionsbeskyttelse i en lang række miljøer. Som eksempel kan nævnes anvendelse til olieudvindingsudstyr i  $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  miljø, i havvand f.eks. til ventiler og slampumper, hvor der både gøres brug af slid- og korrosionsegenskaber. Kemisk nikkel anvendes også til elektronikkomponenter, flykomponenter og laboratorieudstyr, hvor der er krav om gode korrosionsegenskaber.

### 2. Galvanoteknik til samleprocesser

Galvanisk påførte belægninger benyttes også i forbindelse med samleprocesser. For eksempel er det muligt at udføre TIG svejsning af kobberbe-

lagt aluminium.

Belægninger af kobber, kobber-nikkel legeringer eller kemisk nikkel på aluminium giver mulighed for bløddlodning.

Til koldtryksvejsning af bløde metaller bruges et sprødt og hårdt mellem-lag for at opnå den deformationsbetingede binding. Som eksempler kan nævnes koldtryksvejsning af kobber med f.eks. kemisk nikkel som mellem-læg. Anodiseret aluminium kan koldtryksvejses direkte på grund af det sprøde og hårde anodiseringslag.

Diffusionslodning eller diffusionsvejsning kan f.eks. bruges til sammenføjning af aluminium og rustfrit stål, hvor fladerne er påført en galvanisk belægning af sølv. Ligeledes kan aluminium sammenføjnes med stål ved en galvanisk belægning af nikkel.

Som et andet eksempel kunne kemisk nikkel tænkes anvendt ved rullesvejsning, idet man herved ville opnå en tæt samling.

### 3. Diffusionsglødning

I mange tilfælde kan det være muligt ved hjælp af diffusionsglødning at erstatte mere kostbare materialer med billigere materialer. Som eksempel herpå kan nævnes galvaniske belægninger af først kobber på stål og dernæst et lag tin, der efter varmebehandling ved 300°C resulterer i en belægning af først kobber på stål og derpå et tyndt lag bronze. Varmebehandling ved 600°C resulterer i et tykkere bronzelag og et tyndt kobberlag. Det skal dog understreges, at også tiden for varmebehandling har betydning for den resulterende belægning. Belægningen skulle medføre forbedrede friktions- og korrosionsegenskaber.

Ved inddiffusion af krom i stål ved 1100°C dannes et jern-kromlag svarende til rustfrit kromstål. Hvis det er muligt at opnå en pore- og revnefri overflade, skulle der således opnås en overflade med god korrosionsbestandighed.

Udfældning af tinlegering på stål, støbejern og rustfrit stål efterfulgt af diffusionsglødning ved 170-560°C resulterer i belægninger bestående af tre faser. Den yderste fase består af et lag tin, mens de næste to faser har sammensætning  $\text{FeSn}_2$  og  $\text{FeSn}$ . Belægningen har hårdheder på op til 800 HV<sub>0.015</sub>, og udviser god resistens mod slid og rivning. Belægningen er kendt under dens kommercielle navn STANTAL og skulle udvise gode korrosionsegenskaber, selv i saltvand.

Inddiffusion af kobber og indium i aluminium og aluminiumlegeringer er kendt under navnet ZINTAL. Varmebehandlingen foregår ved 150°C og resulterer i hårdheder på omkring 400 HV<sub>0.015</sub>. Belægningen skulle resultere i en forbedret bestandighed overfor slid og rivning.

Et andet eksempel på en diffusionsproces, der anvendes i den tyske dækindustri, er messing inddiffunderet i stålradialerne i dæk for at sikre god vedhæftning til gummi.

#### 4. Overfladebehandling af aluminium, magnesium og zink

##### Zink

Kromatering af elforzinkede emner er en meget benyttet proces, der giver overfladerne en god finish, der kan variere i farve alt efter badtype. Kromatpassiveringer giver dog kun en begrænset forbedring af belægningens korrosionsbestandighed og bevarer således kun sin finish under indendørs og tørre forhold. Et nyt forslag indebærer en dyppeproces indeholdende vandopløselige polymere, der skulle medføre forbedrede korrosionsforhold for kromatpassiverede zinkoverflader. Kromatering af zink danner også grundlag for maling.

Fosfatering giver forbedrede forhold overfor mekanisk slid, idet fosfateringen medfører en smørende effekt. Fosfatering danner endvidere grundlag for maling.

I Tyskland har man forbedret korrosionsbestandigheden af forkromet

trykstøbt zink ved at anvende underlag af duplex kobber eller nikkel med mikrorevnet krom.

### Aluminium

Anvendelse af aluminium er allerede stor i dag og forventes fremover yderligere at stige på grund af den relativt gode styrke kombineret med lav vægt. Der er derfor også interesse for overfladebelægninger der kan udvide anvendelsesmulighederne.

I USA arbejdes der med anvendelse af kemisk nikkel på aluminium. Der er dog visse problemer ved absorption af kompleksdannere på aluminiumoverfladen samt ophobning af zink i nikkelbadet. Problemerne tænkes dog løst ved procesudformningen.

En nyere og patenteret proces er passivering af aluminium med zirkoniumforbindelser, antageligt fosfater eller borater. Behandlingen efterfølges af lakering og finder anvendelse i levnedsmiddelindustrien eksempelvis til øldåser.

Anodisering af aluminium er en kendt proces, der giver overfladen større hårdhed og bedre slidbestandighed. Efter anodisering kan der også påføres teflonbelægning, der nedsætter slid, friktion og eventuelt korrosion. Påføring af teflonbelægning kan også tænkes anvendt til genetablering af slidte overflader.

I forbindelse med anodisering af trykstøbt aluminium kan der opstå problemer, idet et for højt siliciumindhold kan give anledning til punktvis manglende passivering omkring overfladens siliciumpartikler. Dette kan også medføre et forringet udseende.

Af andre selvsmørende overfladebelægninger kan nævnes anodisering med efterfølgende forsegling med olier eller voks.

Hårdanodisering af aluminium er også en velkendt proces, der kan give overfladehårdheder på 400-500 HV samt en forbedret slidbestandighed.

Mekanisk bearbejdning af overfladen med kugleblæsning før hårdanodisering nedsætter risikoen for udmattelse. Af anvendelser kan som eksempel inden for luftart og transport nævnes pneumatiske cylindre, stempler og bremsecylindre, forskellige maskindele inden for tekstilindustrien samt støbeforme inden for plastindustrien.

Inddiffusion af kobber og indium i aluminium benyttes i Frankrig og refereres at give forbedrede korrosions- og slidegenskaber specielt i smørende miljø. Anvendelsesmulighederne findes f.eks. i bilindustrien til gearkasser, glidelejer med videre.

Det er også muligt at anvende plasmasprøjtning på aluminium til forbedring af korrosions- og slidegenskaber.

#### Magnesium

Anodisering af magnesium giver forbedring af korrosions- og slidegenskaber, men egenskaberne må generelt siges at være dårligere end for anodiseret aluminium. Dette forhold er formentlig også medvirkende til, at der efter den eksisterende litteratur at dømmes ikke er foretaget noget større udviklingsarbejde for at fremstille overfladebelægninger til magnesium.

#### 5. Nyere overfladebehandlingsmetoder - slidbeskyttelse

Af nye overfladebehandlingsmetoder til slidbeskyttelse er dispersionsbelægningerne, der består af en elektrolytisk eller kemisk udfældet (som f.eks. kemisk nikkel) belægning, hvori der er dispergeret hårde partikler i størrelsen 0.1 - 0.01  $\mu\text{m}$ , oftest karbider af wolfram, silicium eller krom. De hårde partikler giver en dispersionshærdning i belægningen, der medfører forøget slidstyrke.

Som eksempler her kan nævnes belægninger af kobolt med partikler af kromkarbider der anvendes som slidbeskyttelse på eksempelvis stempelringe, på pumpeledele med videre.

Som allerede nævnt er det også muligt at forbedre slidegenskaberne for belægninger af kemisk nikkel ved indbygning af hårde partikler. Det er også muligt at opnå gode slidegenskaber for belægninger, der indeholder små partikler af teflon, idet der herved opnås en art selvsmørende belægning.

Elektrolytisk udfældning af krom med pulserende strøm skulle medføre meget hårde belægninger med god slidstyrke og poretæthed. Metoden har endnu ikke litteraturmæssig dækning, men det vides, at der i Tyskland arbejdes med udvikling på området.

Af nye overfladebelægninger skal også nævnes detonationsbelægninger, der oftest består af karbider eller oxider og oxidblandinger indeholdende en mindre del metal til binding. Belægningen anvendes som slidbeskyttelse under ekstreme forhold, f.eks. i jetmotorer til turbineblade, kompressorer med videre.

Af nyere slidbelægninger skal også nævnes plasmasprøjtning, der giver gode slidegenskaber men dårlige korrosionsegenskaber på grund af manglende poretæthed.

En overfladebehandling, der blandt andet benyttes i lejevøsninger, er nitrering af stål med efterfølgende oxidation, hvorefter overfladen imprægneres med olie.

Af nyere metoder er også fysisk og kemisk dampfaseudfældning (PVD, CVD). PVD og CVD tænkes anvendt f.eks. i værktøjsindustrien til skærende værktøjer samt støbeforme.

#### 6. Overfladebehandling af pulvermetaller

Af overfladebehandlinger for pulvermetaller eller sintermetaller kan nævnes mekanisk plettering med zink og kobber, hvor der skulle kunne opnås belægningstykkelser på 40 - 50  $\mu\text{m}$ . Af andre metaller der kan påføres ved mekanisk plettering kan nævnes tin-zink og cadmium, hvor

tin-zink har den fordel, at det er lodbart.

Påføring af elektrolytisk udfældede belægninger på sintergods forventes ikke at give noget godt resultat, idet sintergodsetes overflade er meget porøs, således at der sker indeslutning af elektrolytten under udfældningsprocessen. Dette forventes dog i nogen grad at kunne undgås ved forsegling af overfladen med et passende plastmateriale.

#### Diskussion

Overfladeteknologien har på det seneste været inde i en kraftig udvikling. Samtidigt er der efterhånden ved at være en vis forståelse for vigtigheden af at vælge det rigtige materiale og den rigtige overfladebehandling ud fra de krav der stilles til korrosions- og slidbestandighed samt styrke ved den specifikke anvendelse. Valg af en passende overfladebelægning kan i mange tilfælde betyde væsentlige besparelser i materialeudgifterne, idet der ofte kan anvendes et billigere basismateriale.

Det er således nødvendigt for danske firmaer, at de til stadighed følger den udvikling der er inden for overfladeteknologien for at kunne konkurrere både på pris og kvalitet.

Dansk industri består for en stor del af små firmaer, for hvilke det er svært at afse ressourcer til at deltage i en løbende udvikling. Derfor er projekter af den her skitserede type af vigtighed for, at dansk industri både nationalt og internationalt kan bevare sin konkurrenceevne.

# Det er lettere for Dem, end De tror...

Send blot Deres gods til os sammen  
med det gule hærdekort.

**Jydsk Hærderi kan!**

38 års erfaring som lønhærderi,  
og vor stadigt fornyede og udbyggede  
maskinpark er tillige med dygtige  
og rutinerede medarbejdere en  
garanti for, at Deres gods bliver rigtigt  
behandlet.

Og hver eneste behandling kontrol-  
leres omhyggeligt for at sikre Dem det  
ønskede resultat.



**Jydsk Hærderi A/s**

AABOGADE 27-29 · 8200 AARHUS N · TLF. (06) 169222