

Når en gang lak ikke er nok

Fremtidens overfladebehandlinger vil kunne mere end blot at beskytte mod vind og vejr. Den teknologiske udvikling åbner op for f.eks. glaskeramiske belægninger, der kan bøjes, og belægninger der indeholder proteiner, der afviser isdannelse eller bakterier.

Af Carsten R. Kjaer

■ Hvis man tilhører den del af befolkningen, der jævnligt må svinge malerpenslen for at give træværket på huset en omgang, har man et meget konkret forhold til fænomenet *overfladebehandling*. De fleste materialer behøver en eller anden form for overfladebehandling, som beskyttelse mod f.eks. vejr og vind eller anden hårdhændet behandling.

I takt med den teknologiske udvikling opstår der hele tiden behov for stadig mere sofistiskerede overfladebehandlinger. Derfor foregår der en intens udvikling inden for mange industriområder, hvor man forsøger at udvikle belægninger med særlige egenskaber.

Denne udvikling foregår bl.a. på Teknologisk Institut i afdelingen *Functional Coating Technology*, som ledes af Claus Bischoff. I samarbejde med universitetsforskere og virksomheder arbejder man her med udvikling og formulering af nye glaskeramiske belægninger.



Eksempler på virkningsfulde overfladebehandlinger: Det kan være vanskeligt og tidskrævende at fjerne graffiti fra forskellige overflader, men med den rigtige overfladebehandling går det som en leg.

Bøjelig glaskeramik

Vi kender f.eks. glaskeramiske overflader fra moderne komfurer, og denne form for glaskeramik dannes ved at "sintre" (dvs. brænde) faste komponenter sammen ved høje temperaturer. Det giver en meget stærk overflade, der dog er meget lidt flek-

sibel, så den ikke kan anvendes på materiale, der skal være bøjelige. Den høje sintreningstemperatur udelukker selvfølgelig også, at man kan anvende behandlingen på materiale, der ikke kan holde til så høje temperaturer.

Med den teknik, som Claus Bischoff arbejder med – såkaldt



Billedet viser en ske, der på den ene halvdel har fået en olieafvisende belægning. Når skeen dyppes i råolie, løber olien hurtigt af den behandlede overflade, mens den bliver hængende på den ubehandlede halvdel.

Sol-Gel-teknologi – er det imidlertid muligt at lave glaskeramiske belægninger ud fra flydende komponenter. Sådanne belægninger kan derfor bruges på materialer, der ikke ville kunne klare de ekstreme temperaturer forbundet med en sintrening-proces – f.eks. aluminium eller

Fotos: Teknologisk Institut

plexiglas. Med en glaskeramisk belægning lavet med Sol-Gel-teknikken, vil en tynd plade af f.eks. plexiglas stadig kunne bøjes uden at belægningen sprækker. Udtrykket Sol-Gel beskriver to kemiske betegnelser for hhv. et fast stof fordelt i et flydende medie (en Sol) og et flydende stof fordelt i et fast medie (en Gel).

Foto: Air Canada



Afslusning af fly er en kostbar affære. Hvis man kunne overfladebehandle flyene med en belægning med antifryse-egenskaber, vil der være mange penge at spare.

Funktionelle overflader

Der er for så vidt intet nyt i Sol-Gel-processen som sådan, idet den basale proces har været kendt i mere end 150 år. Belægninger lavet med Sol-Gel-teknologi har egenskaber, der findes i flere andre sammenhænge – f.eks. i konventionel glaskeramik eller i belægninger af polyurethan eller epoxy.

Det er dog først inden for de seneste 20 år, at Sol-Gel-teknologien for alvor er kommet i omdrejninger. Udviklingen er i høj grad drevet af, at en række specielle kemikalier – såkaldte organo-funktionelle silaner – i denne periode er blevet kommercielt tilgængelige. Disse kemikalier udgør de centrale byggesten i belægningen og giver den særlige egenskaber. Før i tiden var sådanne kemikalier meget dyre, men nu kan de populært sagt købes i spandevistil overkommelige priser.

Ligeledes er der inden for det sidste årti sket en meget stor udvikling af kommercielt tilgængelige nanomaterialer, som f.eks. metaloxid-partikler og kulstof-nanorør, som kan indlejres i belægningen og give den helt nye egenskaber.

Organiske forbindelser kan indgå i de færdige overflader, fordi selve overfladebehandlingen foregår ved lav temperatur, så de organiske komponenter ikke bliver ødelagt. Typisk vil formålet med at tilføre sådanne funktionelle komponenter i belægningen være at give overfladen egenskaber som fleksibilitet, stabilitet, vedhæftning eller evne til at danne en ensartet film m.m. Men man kan også opnå mere eksotiske egenskaber ved omhyggeligt at formulere overfladerne med et indhold af specialiserede funktionelle orga-

Sådan laves en belægning med SolGel-teknikken

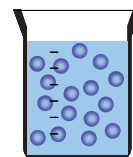
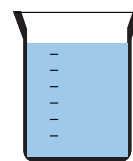
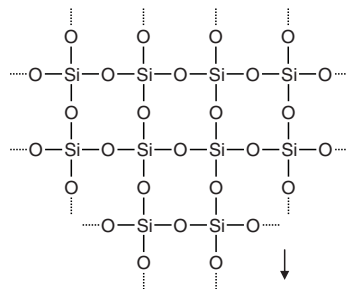
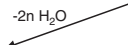
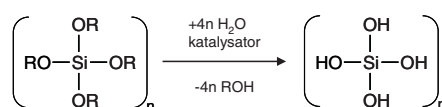
Glaskeramiske overflader kan med Sol-Gel teknikken laves ud fra flydende komponenter. Byggestenene er siliciumforbindelser – såkaldte alkoxy-silaner – der under de rette betingelser kan reagere med hinanden og gennem en række trin danne glaskeramiske overflader.

Illustrationen viser dannelsen af en uorganisk Sol-Gel belægning. Udgangspunktet er en alkoxy-silan bestående af et siliciumatom bundet til fire alkoholgrupper (OR på figuren). Ved tilsættelse af vand og en katalysator fraspaltes først alkoholgrupperne, siden fraspaltes vand og til sidst dannes et krystallinsk netværk af silicium og oxygen.

Silanteknologien tillader, at en eller flere af alkoholgrupperne kan udskiftes med organiske sidekæder, der ikke fraspaltes under de efterfølgende reaktioner. Herved bliver det muligt at lave belægninger, der både indeholder organiske og uorganiske komponenter.

I princippet kan man lægge Sol-Gel belægninger på alle overflader, der har – eller som kan tildeles – reaktive kemiske grupper i overfladen, som komponenterne i glaskeramikken kan reagere med. Det gælder f.eks. for typiske metaller samt diverse typer af plast (polymerer).

Overfladebehandlingen foregår ved, at overfladen på materialet først renses/affedtes og evt. aktiveres, hvilket kan foregå ad kemisk vej eller ved såkaldt plasmabehandling, hvor man introducerer reaktive grupper på mate-



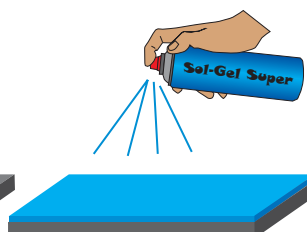
rialets overflade. Derefter sprayeres eller smøres opløsningen simpelt hen på materialet, og endelig efterbehandles overfladen med varme, UV- eller infrarød stråling eller blot lufttørring. Ved denne behandling dannes en hård glaskeramisk overflade, som f.eks. kan være meget slidstærk. En plexiglasplade med en sådan 5 µm tyk belægning kan således pudses med ståluld uden, at der kommer ridser. Hvis man kender lidt til plexiglas ved man, hvordan overfladen ellers ville se ud efter sådan en tur!

Selvom glaskeramik lavet med Sol-gel-teknologien har en høj grad af fleksibilitet, kan man ikke

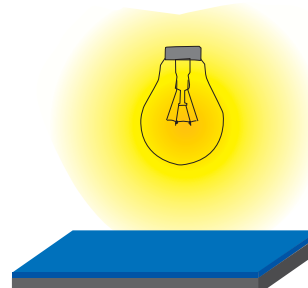
lægge en egentlig glaskeramisk overflade på tekstiler, eller andre, ekstremt fleksible eller absorberende materialer. Man kan dog anvende de komponenter, der udgør byggestenen i Sol-Gel belægningerne, silanerne, til en imprægnering af tekstiler. Anvendes f.eks. en silan med en perfluoreret sidekæde opnås meget vandafvisende egenskaber. Tilsvarende vil en sådan silan kunne anvendes på forruden af en bil, hvor den vandafvisende effekt kan gøre vinduesviskere overflødig ved tilstrækkelig vindpåvirkning.



Overfladen rengøres og aktiveres evt. med såkaldt plasmabehandling



Sol-Gel komponenterne sprayeres, smøres eller rulleres på.



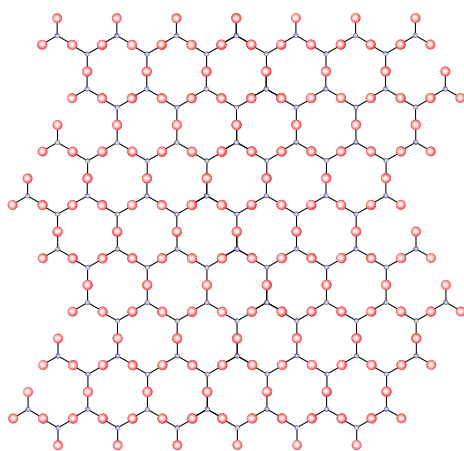
Efterbehandling med varme, UV eller infrarød lys eller evt. blot lufttørring.

Foto: Jørgen Dahgaard

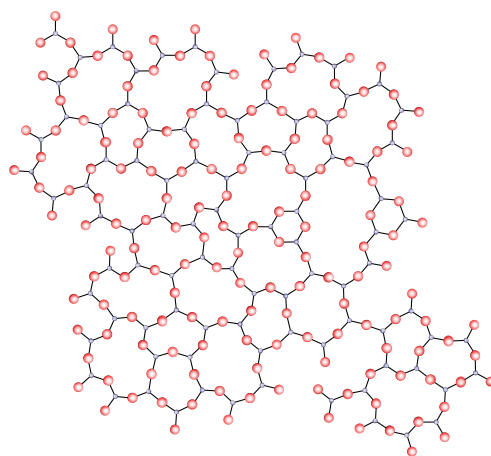


Claus Bischoff i laboratoriet, hvor han viser en såkaldt plasmabehandling.

Glas og glaskeramiske overflader

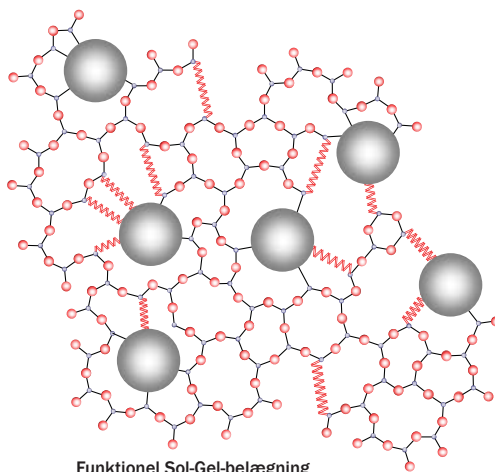


Kvarts • Silicium • Oxygene



Amorft glas (obsidian)

Materialer som kvarts og krystalglas er opbygget af primært silicium- og iltatomer, der er organiseret i et perfekt mønster. Sådanne strukturer kan ikke umiddelbart dannes med en Sol-Gel-baseret metode. I modsætning hertil har almindeligt vinduesglas en amorf – dvs. mere kaotisk struktur, og det kan indeholde andre komponenter som f.eks. natriumkarbonat. Amorft glas kan laves med en Sol-Gel-proces, hvilket giver materialer med overlegne optiske kvaliteter til brug i f.eks. teleskoper. I de funktionelle overfladebelægninger lavet med Sol-Gel-teknologien, er der benyttet organisk modificerede silaner som byggesten. Disse har reageret med hinanden – illustreret ved zigzag-forbindelserne mellem nogle af siliciumatomerne – og giver belægningen f.eks. øget fleksibilitet, kemisk bestandighed, bedre vedhæftning eller lign. Derudover kan der indbygges nano-partikler (de grå kugler) i strukturen, der f.eks. kan bidrage med slidstyrke, korrosionsbeskyttelse, UV-beskyttelse eller lign.



Funktional Sol-Gel-belægning

niske sidekæder. Det kan f.eks. være glaskeramiske overflader med afvisende egenskaber overfor forskellige typer af belægnings som kalk eller maling, hvilket jo bl.a. kan være interessant, hvis man gerne let vil kunne fjerne graffiti fra overfladen.

Naturen som inspiration

Flere af de projekter, Claus Bischoff er involveret i, har en *bio-nisk* tilgang – altså, hvor man finder inspiration til udvikling af nye belægninger i naturens måde at “løse” problemer på. Således forsøger forskere fra Roskilde Universitet under ledelse af Hans Ramløv og forskere fra iNano ved Aarhus Universitet under ledelse af Peter Kingshott i samarbejde med Teknologisk Institut at udnytte et såkaldt antifryseprotein fra den uanselige lille blankplet-tet tandbuk (*Rhagium mordax*) i en belægning. I naturen sikrer proteinet, at billen kan overleve ved temperaturer langt under frysepunktet. Forskernes ide er, at proteinet, eller fragmenter af det, vil kunne bruges som element i Sol-Gel baserede belægninger. En sådan belægning vil hindre tilisning ned til ca. -5 grader C og ved lavere temperaturer minimere isens vedhæftning til belægningen, så isen vil være let at fjerne. Tilisning udgør et problem i mange brancher – f.eks. på fly- og vindmøllevinger, i ventilationssystemer og i køleskabe og frydere. På verdensplan løber omkostningerne til at forebygge tilisning og fjerne is, samt på energitabet og udbedring af skader forbundet med tilisning, op i milliarder af kroner hvert eneste år. Derfor er interessen for intelligente løsninger på problemet selvfølgelig stor, og flere store industripartnere er gået med i det innovationskonsortium, der nu skal forsøge at udvikle en belægning baseret på det nye antifryseprotein.

Proteinet har form som en flad cylinder med en rektangulær flade, hvor der er et struktureret gitter af aminosyrer, der vekselvirker med vand eller is. Tilsvarende proteiner findes bl.a. i visse fisk og bakterier.



Foto: Wikimedia Commons

Billen Blankpletet tandbuk (*Rhagium mordax*) indeholder et antifryseprotein, som forskerne nu forsøger at udnytte som komponent i overfladebehandlinger.



Foto: Teknologisk Institut

Billedet viser et filter, der har siddet i en varmeveksler behandlet med kalkafvisende belægning. Filteret opsamler den kalk, der i den daglige brug er blevet vasket af veksleren. Dvs. man sparer en dyr rensning af pladerne i varmeveksleren.

Om forfatteren



Carsten R. Kjaer er redaktør
Aktuel Naturvidenskab
Tlf.: 8942 5555
E-mail: red@aktuelnat.au.dk

Om forskeren

Claus Bischoff er sektionsleder
Teknologisk Institut
Tlf.: 7220 1777
E-mail: clb@teknologisk.dk

Der er i den videnskabelige litteratur talrige eksempler på, hvordan man kan opnå forskellige overfladefunktioner ved at inkludere proteiner og enzymer i glaskeramik. Men det har i alle tilfælde kun været i laboratoriet, og derfor vil det være nyt, hvis ambitionen om at udvikle et egentligt kommercielt produkt med dette antifryseprotein faktisk lykkes.

En verden af muligheder

Endnu er det kun relativt få kommercielle produkter baseret på Sol-Gel-teknologien, der har fundet vej til markedet. Men på grund af de mange muligheder, der nu har åbnet sig – også med udviklingen af nye nanomaterialer – er det sandsynligt at fremtiden vil byde på mange sådanne produkter. En drivende faktor i udviklingen af nye glaskeramiske belægninger er, ud over muligheden for at opnå specialiserede funktionelle belægninger, også muligheden for med en ny teknologisk adgang at formulere laksyste-

mer med et minimalt indhold af organiske opløsningsmidler og andre miljøskadelige komponenter.

Tiden vil vise, om den Sol-Gel baserede overfladeteknologi for alvor vil slå igennem på markedet. Rent teknologisk er

mulighederne mange: belægninger, der er afvisende overfor bakterievækst (biofilm), belægninger med indlejrede aktive enzymer med f.eks. sensoriske eller stofnedbrydende egenskaber – næsten kun fantasien sætter grænser!

Sol'er og geler

Når man snakker om Sol-Gel-teknologi, er *sol* i dette udtryk en forkortelse for solution (opløsning), men i virkeligheden er det en såkaldt *kolloid*. En kolloid er et mix af stoffer, hvor det ene stof er jævnt fordelt i det andet. Det fordelte materiale har typisk en størrelse på 5 – 200 nanometer. En kolloid kan både optræde fast (f.eks. glas farvet med guldpigmenter), flydende (f.eks. mælk eller blæk) og gasformig (f.eks. tåge eller røg). En kolloid er dermed ikke det samme som en *opløsning*, hvor det ene stof er opløst i det andet som f.eks. salt i vand. For at der er tale om en opløsning kræves altså, at det ene stof er opløseligt i det andet, og rent størrelsesmæssigt er vi nede på atom- og molekyle-niveau, mens en kolloid rummer noget større partikler. En af måderne at afgøre, om der er tale om en kolloid er ved at studere lysets spredning, når det passerer gennem materialet (*Tyndall effekten*).

Den anden komponent i udtrykket Sol-Gel, *gel*, betegner et fast tredimensionelt netværk i et givet medie. Mediet kan være af forskellig natur, men er det vand eller luft beskrives gellerne som henholdsvis hydrogeler og aerogeler. Eksempler på geler er bløde kontaktlinser og det absorberende materiale i bleer.

Vejen mod udviklingen af Sol-Gel-teknologien blev banet i 1961, da den skotske kemiker Thomas Graham grundlagde den gren af kemien, der kaldes kolloid kemi.