

OP DEZE PAGINA'S STAAT DE LITERATUURRUBRIEK WAARMEE LEZERS VAN OPPERVLAKTETECHNIEN EEN KIJKJE KRIJGEN IN DE INTERNATIONALE VAKLITERATUUR.

# JAAROVERZICHT OPPERVLAKTETECHNIEK

REDACTIONEEL, OP BASIS VAN HET JAAROVERZICHT VAN T.W. JELINEK IN GALVANOTECHNIEK VAN JANUARI

Onder de vaste titel 'Fortschritte in der Galvanotechnik' plaatst Europa's topvakblad Galvanotechnik in januari altijd een samenvatting van de vorderingen van het vakgebied gebaseerd op circa vijftig vakbladen. Sinds 2010 wordt ook vakblad Oppervlaktetechnieken meegenomen in het overzicht. Inmiddels is de economische crisis niet meer het meest besproken thema, zoals in het overzicht van januari 2011, en zijn we weer waar we wezen moeten. Het overzicht van januari 2013 liet zelfs spannende groeimarkten zien, aangezien in Duitsland de juiste keuzes zijn gemaakt.

Met nieuwere hoogwaardiger functionele producten tegen lagere kosten probeert de productiesector de tegenwind op te vangen. Dit zijn dan in T.W. Jelineks aangehaalde bronnen

- "kunstmatige energieschaarste";
- gemanipuleerde betekenis van milieubescherming en duurzaamheid;
- de exportsituatie die onder druk staat, geduid met de invloed van de zogenaamde "kapitaalmarkt";
- de ambitieuze opkomende landen.

Door in de openingszinnen al zo ter zake te komen, schuwt Jelinek de recht-voor-zijn-raap-methode klaarblijkelijk niet. Het zet de teller meteen op tien bronnen, van de in totaal 606 waarmee hij voor de lezers het uitzoekwerk verricht heeft. Gebruikmakend van 48 vakbladen (18 gespecialiseerd in oppervlaktetechniek) uit 15 landen, waaronder sinds enkele jaren vakblad Oppervlaktetechnieken als enige Nederlandstalige titel, geeft Jelinek de "Toestand in de Wereld", althans aan het oppervlak van de toegepaste materialen. Allerhande ontwikkelingen worden kort aangestipt, alle onder verwijzing naar

de ellenlange bronnenlijst, die gelukkig direct op het artikel volgt en niet op een internetpagina weggestopt is. Jelinek probeert uit die metershoge torens papier een rode draad te destilleren, en brengt – behalve uiteraard de bespreking van knelpunten in het uitvoeren van oppervlaktebehandelingen – nieuwe technieken en combinatietechnieken naar voren, hetgeen direct een verwijzing naar een artikel in Oppervlaktetechnieken oplevert ("Poedercoatings als topcoats van PVD-films", november 2010). Een van de meest opzienbarende vondsten in de schatkamer is een artikel uit 2011 in de

Galvanotechnik, waarin een artikel een proces beschrijft waarmee de levensverwachting van een oppervlak ingeschat wordt.

## DUURZAAMHEID DOOR GEWICHTSBESPARING

De manieren om de duurzaamheidsdoelstellingen te bereiken, zoals gewichtsbeparing omwille van materiaalbesparing plus (bij voertuigen) energiezuinigheid, en complexere constructies, verplaatsen het zwaartepunt van de gestelde materiaalvereisten richting het materiaaloppervlak. Er wordt een steeds breder eigen-



Met de ICE naar een Duits coatingcongres (station Frankfurt am Main)... oppervlaktetechniek van buiten en van binnen. (Archieffoto vakblad Oppervlaktetechnieken)

## TOEPASSINGSGBIED AUTOMOTIVE, TRANSPORT, LUCHT- EN RAILVERKEER

Bij het maken van folie wordt vaak een oppervlaktetechniek toegepast (zie het artikel over de Bouwbeurs elders in deze editie, waarin een electron beam cured urethanacrylaat op een houtnerfgelijkende folie vermeld wordt): scheurvrij anodiseren van op kunststof te plakken aluminiumfolie, voor op lichtgebouwde constructies. Het plakken van folies in plaats van het spuiten van carrosseriën is een trend. De ICE-vloot van internationale treinen krijgt een nieuw lakje: een eiwitgebaseerde coating zou aanvriezen tegen moeten gaan.

Actueel is de slijtage aan straalmotoren door vulkaanas, en onderhoudsbedrijven kunnen daarvoor terugvallen op deklagen met carbiden, nitriden en cermets.



Met opgedampt titaannitride voor de oppervlaktehardheid heeft de vakman goud in handen. (Foto: Peter Bay)

schappenprofiel vereist van oppervlakken, en die eigenschappen moeten soms ook stuurbaar of "intelligent" zijn. En dan moet het ook nog kostenvriendelijk geproduceerd worden. In veel instituten is de oppervlaktetechniek derhalve een zwaartepunt van onderzoek. Een zwaartepunt volgt uit de duurzaamheidsdoelstellingen die alom hoogtij vieren: gewichtsbesparing zodat voertuigen zich energiezuiniger verplaatsen. Een volgende categorie die veelvuldig aan de orde komt, wordt gevormd door besprekingen van nieuwe processen om energie en gewicht te besparen. Bij de artikelen over apparatuur speelt de integratie van meerdere installaties in een straat een belangrijke rol. Procesoptimalisaties betreffen vaak energiebesparing en milieuverbetering, zoals selectief gebruik in tijd en plaats van elektriciteit in het galvanoproses. Warmtewisselaars en efficiënt gebruik van pompen en toebehoren komen ook aan bod, evenals kringloopsluiting van warmtestromen. Chromaatvervanging en natuurgroestoffen zijn ook thema's die volop gespeeld hebben.

## NANOTECHNOLOGIE

Nanotechnologie kan natuurlijk niet ontbreken, en als voorbeeld noemt Jelinek een hoge hardheid en slijtvastheid die bereikt worden door 15% korundeeltjes in nanogrootte (of het massaprocent of atoomprocent betreft blijft hier onvermeld) in een nikkeldispersielaag die afgescheiden wordt met pulsstroom. Nikkellagen met gedispergeerde siliciumdeeltjes kunnen een alternatief zijn voor chromolagen. Als een fraaie combinatie-techniek wordt genoemd een zeer harde toplaag door vijf micrometer galvanisch

hardchrom met ingediffundeerd boor door meervoudige warmtebehandelingen gevolgd door een laserbehandeling. De hardheid van een boordiffusielaag wordt benaderd, maar met een grote slijtvastheid als onderscheidende kwaliteit.

## ENERGIEBESPARING

Het mooie aan de bloemlezing is dat er niet alleen oog is voor de oppervlaktebehandelingstechnieken zelf, maar ook voor de prestaties die ermee bereikt worden. Onder energiebesparing wordt bijvoorbeeld de haaienvinnenhuid genoemd die de luchtweerstand van rotorbladen en vliegtuigen vermindert, en dakisolatie van gelakte roestvaststalen dakschilden doen ook een duits in het zakje.

Ook de laktechnieken zelf ontwikkelen zich langs het besparingspad. Drielaagssystemen worden soms opgevolgd door tweelaags, en zeldzame aardmetalen voor spaarlampen worden bespaard door kleinere ontwerpen en vervanging door andere stoffen. Oversprayreductie kan in lakcabines wel de helft van de energie voor ventilatie besparen, evenals donkerstralers bij de droging. In de oppervlaktreiniging valt ook het nodige te halen, zoals een energiebesparing met ruim tachtig procent door lasers te gebruiken. Hergebruik van restwarmte van bijvoorbeeld compressors is interessant, evenals het verwarmen van galvanobaden met zonnestroom.

## REINIGEN ALS WAARDESCHIPPENDE PROCESSTAP

Vervolgens voert Jelinek ons in diverse paragrafen (zie kaderteksten) langs achtereenvolgens de automotive, lucht- en ruimtevaart, langs de machinebouw en farmaceutische industrie, langs printplaten, elektronica en zonnecellen, om terug te keren naar de oppervlaktebehandelingen. Dat begint bij de voorbehandeling, en die wordt alsmaar belangrijker nu er steeds vaker "intelligente oppervlakken" (waarschijnlijk doelt hij op smart coatings, dus impulsreactieve deklagen – red.) en hogere kwaliteit gevraagd worden. Er is een trend waar te nemen dat werkstukreiniging en voorbehandelingsreiniging voorafgaand aan een oppervlaktebehandeling steeds meer in elkaar overlopen in het kader van de procesintegratie. Reiniging wordt ook in toenemende mate als waardetoevoegende stap gezien. Een opmerkelijke uitspraak, want enerzijds was hier inderdaad een Ulmer Gespräch aan gewijd (het vermaarde jaarlijkse



Genieten van de zon dankzij oppervlaktetechniek: zonnecellen.

## TOEPASSINGSGBIED ELEKTRONICA, ZONNECELLEN EN LICHT

De alsmaar snellere opvolging van modellen in de elektronica maakt de productie van printplaten steeds belangrijker. De Duitse oppervlaktebehandelende industrie ziet zich voor de uitdaging gesteld de achtduizend rotordelen voor windturbines te coaten. Mochten ze daarin slagen, dan veroveren de Duitse oppervlaktebehandelingsbedrijven de derde plaats na China en de Verenigde Staten. Schakelkasten met gevoelige apparatuur worden gemaakt uit verzinkt en drielaags gelakt plaatmateriaal, de procesbewaking geschiedt met speciale sensoren.

Er zijn nieuwe richtlijnen voor metalische deklagen in de printplaatproductie en voor het oplossen van verbingsproblemen. Verschillende varianten worden in LEDs ingebouwd, en de vraagstukken die daarbij spelen zijn in een handjevol artikelen besproken. In het kader van de miniaturisering en het combineren van functies worden in printplaten steeds meer functies geïntegreerd, en de verbindingen worden met galvanisch koper of PVD gelegd. Een drielaagssysteem moet de warmtehuishouding zeker stellen: de toplaag draagt het circuit, de middenlaag is de isolatie, en de onderste laag is geoptimaliseerd voor de warmteafvoer. Zonnecellen krijgen een beter rendement als silicium voortaan met chalkogenen gedoteerd wordt. Ondernikkeld koper in plaats van zilvercontacten maken ze goedkoper. Maar uiteindelijk zijn goudcontacten bijna altijd nog het goedkoopst.

## TOEPASSINGSGBIED MACHINEBOUW

Wrijving kan wel dertig of veertig procent van de energie verbruiken die een machine afneemt, dus er loopt een bijzonder ontwikkelingsprogramma naar wrijvingsreductie. Ook worden wrijvingsgetallen van diverse galvanische lagen met elkaar vergeleken voor tribologisch onderzoek. Aslagers in de levensmiddelenindustrie kunnen door een PVD-laag (Physical Vapour Deposition) smeringsvrij gebruikt worden. Voor olievrij smeren zijn overigens ook andere methoden, gebaseerd op cellulose of sachariden, zo melden andere bronnen.



Bij machinebouw komt uiteraard ook de nodige oppervlaktetechniek kijken, voor diverse eigenschappen aan het oppervlak en uiteraard de bescherming onder belastende omstandigheden. (Foto: cristi180884)

› galvanocongres, Oppervlaktetechnieken september 2005 had de nabeschouwing “Reiniging voegt waarde toe”. Anderzijds wordt in de handhaving wel eens het onderscheid gemaakt tussen procesbaden en spoelbaden, waarbij de ontvettingsbaden bij voorkeur buiten de processen gerekend worden. Als waardestap zou reiniging vooral zaken als de voorbereiding voor cleanroomtoepassing kunnen betreffen. Maar de puur technisch georiënteerde Galvanotechniek gaat op dergelijke bespiegelingen minder in dan in de belangenbehartiging relevant is. Hoe dan ook, in farmaceutische toepassingen en voor het bereiken van een goede verlijmbaarheid is oppervlaktereinheid van groot belang en er zijn speciale methoden voor de reinheidsbepaling. Als bijzonder voorbeeld wordt genoemd de halfgeleiderindustrie, waar 30% van de 500 processtappen de reiniging betreffen. Criteria zijn vastgesteld en methoden om herbesmetting te voorkomen. Diverse methoden, zoals beitsreinigen, plasmareinigen, CO<sub>2</sub>-reinigen en ultrasoonreinigen, komen voorbij. Gebruik van granulaat als toevoeging en stralen met vloeibare stikstof worden voor het zware werk vermeld. Onder “mechanisch reinigen” wordt opmerkelijk genoeg voorts het silaneren als alternatief voor fosfateren genoemd en een procesgang voor kunststofvoorbehandeling gegeven: opruwen met zoutzuur, activeren met mehylalcohol, en geleidend maken met speciale lagen in polyelektrolyten.

## ELEKTROLYTISCHE METAALDEPOSITIES: CHROOM

Iedere rechtgeaarde galvanotechnicus haalt zijn hart op bij de bloemlezing-binnen-de-bloemlezing over metaaldeposi-

ties. Een aardig voorbeeld is de bespreking van pulsstroomdepositie als methode om niet-mengbare metalen tóch gezamenlijk als legering neergeslagen te krijgen. Desorptie tijdens de nulfase voorkomt bovendien meteen waterstofverbrossing, zodat in bijvoorbeeld zinknikkel de warmtebehandeling kan vervallen. Een ander thema is de “nikkelorganische laag” waarbij N-Methylpyrrolidon mee afgescheiden wordt waardoor de korrelgrootte tot in het nanometerbereik verkleind wordt, hetgeen de slijtvastheid enorm ten goede komt. (onvermeld blijft, hoe het staat met de terugdringing van NMP die in de laktechnologie enkele jaren geleden toch volop op de agenda stond - red.). Op technisch vlak wordt melding gemaakt van onderzoek naar watervlekken door verontreiniging in het leidingwater, en worden procesflexibilisering door gebruik van kleine containers procesvloeistof, aansturing van de processen, alsmede op-

## TOEPASSINGSGBIED FARMACIE

De biocompatibiliteit van titaanomplantaten wordt met een plasma-chemische of pulsstroomgestuurde anodische oxidatie verbeterd. Contactvlakken uit verschillend materiaal in prothesen lopen dankzij een PTFE-laag probleemloos, zo wordt al dan niet bewust een woordspeling niet geschuwd. Over dit onderwerp loopt omvangrijk ontwikkelingswerk (het was ook geprogrammeerd op een VOM Dag van de Oppervlaktetechnologie - red.). Gestructureerde gouden “haaiantandelektroden” voor contact naar de zenuwen worden gemaakt middels galvanoformeren.

timalisatie van de spoelstappen vermeld. En als tip wordt dan nog afgesloten met de opmerking dat ook actieve kool selectief werkt bij de verwijdering van organische stoffen. Vervolgens is er de onvermijdelijke bespreking van chroom en zijn mogelijkheden, zoals co-dispergering van nanodiamant voor ductielere lagen, en de toepassingsmogelijkheden van elektrolyten op basis van chloride en jodide. Aanvullend op argumenten tegen het gebruik van zeswaardig chroom, wordt geprobeerd te bewijzen dat er geen vervanging is voor perfluorverbindingen die tegen aerosol-emissies ingezet worden. Vooralsnog wordt zeswaardig chroom toegelaten door de Amerikaanse luchtmacht (hoewel op een congres thermisch spuiten in 2005 al in de wandelgangen te vernemen was dat er overgestapt werd op HVOF-sputten - red.). Veel publicaties richten zich op de ontwikkeling van driewaardig chroom, bijvoorbeeld door de zoektocht naar geschikte complexvormers. Bij oxaalzuur als complexvormer zal een klein gehalte ijzer als vervuiling al mee ingebouwd worden in de laag, bijvoorbeeld. Met pulsstroom is een chroomkoolstoflegeringslaag af te scheiden. Een vergelijking tussen zeswaardig en driewaardig chroom toont dat bij de afvalwaterverwerking en het trommelverchromen de driewaardige op kop ligt.

## ELEKTROLYTISCHE METAALDEPOSITIES: KOPER EN NIKKEL

En zo brandt Jelinek ook los over koper(legeringen), waar pulsstroom weer genoemd wordt in relatie tot korrelverkleining (nu tot amorfe afscheiding, namelijk in zwavelzure toevoegingsvrije baden). Bij de nikkel(legeringen) wordt de toevoeging van PTFE-deeltjes en siliciumcarbide genoemd voor het bereiken van bijzonder corrosiebestendige lagen, evenals oxides van ytterbiumdioxide en koolstofbuisjes. De magnetische eigenschappen van nikkellagen zijn mede te bepalen door – daar is hij weer – de pulsstroominstelling. Met pulsstroom zijn extreem spanningsvrije lagen te bereiken, die aan de ruimtevaartnormen en andere zeer strenge specificaties kunnen voldoen. Zoals ook eerder is er veel discussie over nikkelallergie, tegen de achtergrond dat nikkel in zijn algehele eigenschappenprofiel niet vervangbaar is, hoewel in specifieke gevallen uitgeweken kan worden naar een goudlegering, messing, brons of lood-zink.

## TOEPASSINGSGBIED VERBINDINGSTECHNIKEN

Het bevestigen van werkstukken met grote vlakken bij lage temperaturen lukt met nanofolies bestaande uit verschillende metalen, die door sputteren zijn aangebracht en die met elkaar een exotherme actie aangaan. Het loodvrij solderen heeft weer veel publicaties opgeleverd. De weerstandslasbaarheid van koperplaten wordt verbeterd door ze te verzilveren.

## ANDERE METAALDEKLAGE, STROOMLOZE METAALAFSCHEIDING

Bij de bespreking van andere deklaagmetalen wordt als in het oog springend voorbeeld genoemd de ultradunne maar toch poriënvrije en goed soldeerbare palladiumlaag die tot wezenlijke kostenbesparing in de elektronica-productie zou moeten leiden. Pogingen de corrosiebestendigheid van zinknikkellagen verder te verhogen variëren van het aanpassen van het nikkelconcentraat tot het verbeteren van de passiveringen. Eigenschappen van tinlagen laten zich instellen met mat werkende methaansulfonzuurelektrolyt door – jawel – pulsstroom bij verschillende frequenties. Over stroomloze deposities is weinig gepubliceerd: Jelinek spreekt van “een van de weinige” publicatiestukken als hij een bericht meldt over dompel-etsprocessen voor het zwartenvan laagfosforhoudende NiP-lagen voor optiektoepassingen, en het neerslaan van dikke en porievrije dispersielagen met hoge strooikracht. Op NiP- en NiPW-lagen op magensiumlegeringen moeten poriën met thermische behandelingen verdrongen worden, aangezien ze de corrosiebestendigheid verminderen. Het aanbrengevan van een vanadiumhoudende conversielaag voorafgaand aan het vernikkelen

## TOEPASSINGSGBIED WINDENERGIE

Diverse bronnen melden dat de sterk op corrosie belaste schroeven in de windenergietoepassingen het beste met zinklamellen beschermd kunnen worden, en de rotorbladen door speciale laksystemen. Zelfherstellende coatings, waarin Nederland koploper is, worden in dit verband wel genoemd, maar blijven in het jaaroverzicht helaas onvermeld.

pakt in dit opzicht goed uit. En zo worden nog wat handige receptuurvondsten opgesomd. En ineens duikt daar weer een toepassing op: stroomloos aangebrachte goudlagen worden voor zonnecellen en optische elektronica gerealiseerd op lagen wismutsulfid (niet te verwarren met bismuthsulfide). Weer een oppervlaktetechniek als enabling technology dus.

## INSTALLATIES EN TOEBEHOREN

Hogere productiviteit, flexibiliteit, effectiever energieverbruik, en spaarzamer omgaan met de grondstoffen vormen het merendeel van de gevonden artikelen over procesapparatuur. Diverse handigheidjes worden aangestipt, met het algemene advies dat voor de Total Cost of Ownership lakspecifieke vereisten aan de machinespecificaties toegevoegd moeten worden. Een bron uit 2010 komt eraan te pas om aan te geven dat breedbandbeitzen tweemaal zo efficiënt kan door het bad te vervangen door een turbulentiebeitscontainer. Dat maakt nieuwsgierig naar de originele bron (Stahl und Eisen). Kleinschaliger bedrijven spitsen de oren bij de melding dat spoeltechnieken vaak niet goed functioneren, doordat de afzonderlijke spoelhoeveelheden niet geoptimaliseerd en op elkaar afgestemd zijn. Bron is de Automation, ook weer een niet op oppervlaktetechniek gespecialiseerd blad, maar voor de doelgroep is het belangrijk te weten dat de algehele doorlooptijden te verbeteren zijn door dergelijke flessenhalzen te ondervangen. Voor galvanobedrijven zijn een grote werkstukvariëteit en complexe werkstukgeometrie haalbaar als de trommels afzonderlijk in hun stroomdoorvoer aangestuurd worden. Voor dispersielagen in het nanobereik geeft ultrasoon de optimale badagitatatie. Bij het lakken hangen kwaliteit en economie in hoge mate samen met de lijnconfiguratie en optimaal lijngebruik, onder andere de luchthuishouding in de cabines. Isolatie en warmtewisselaars en energiesoftware helpen bij een energetisch optimale bedrijfsvoering. Een “groene installatie” is beschreven in de Galvano Organo. Bij het poedercoaten kan een programma een veelheid aan kleurwissels aansturen. Voor UV-lakken wordt rekensoftware voor de positiebepaling van de straler genoemd. Natlakken met damp in plaats van perslucht kan dertig procent overspray uitsparen. Gebruik van combinaties van verschillende pistolen kan energiebesparend uitpakken. En zo sprankelen tal van besparende licht-

## TOEPASSINGSGBIED MAAKPROCESSEN

Oppervlaktetechnieken betreffen vaak lagen die op een substraat aangebracht zijn, maar vaak is het een compleet maakproces, in plaats van een tussenstap in een maakproces. Er is een nieuw proces voor het chemisch etsen van microstructuren, een maakproces voor minuscule precisieonderdelen, met lithografie en galvanoplastiek (het opgroeien van werkstukken door het neerslaan van een metaal op een mal. Na verwijdering van de mal resteert het uiteindelijke voorwerp of de machinecomponent. Op de Hannover Messe toonde de branche voor galvaniformeren eens een compleet dashboard dat aldus opgegroeid was, – red.). Keramische microdelen worden door micropoederspuiten geproduceerd, magneetsonden worden met amorfe legeringen door elektro-erosie bewerkt. De milieugedachte ligt ten grondslag aan de keuze voor eikenhout als materiaal om elektronica uit te maken (Fraunhofer Magazin).

puntjes aan het firmament, voor wie de tijd neemt zijn vakbladen bij te houden. Daarbij heeft Jelinek alvast een hoop voorsoorteerwerk gedaan, waarvan hierboven slechts het topje van de ijsberg vermeld is. Voor conversielagen, dompelbehandelingen in gesmolten metaal, metaalspuiten is een paragraaf ingeruimd, evenals voor organische deklagen, emaileren, vacuümdeposities. Vervolgens komen kwaliteitsbewaking, milieu/afvalwater/recycling aan bod, en er wordt afgesloten met een paragraaf over corrosie/corrosiebescherming. Kortom: er komt geen eind aan de wereld van oppervlaktetechniek. ◀

## MEER INFORMATIE

Vakblad Galvanotechnik is 's werelds oudste vakblad voor de oppervlaktebehandeling van en met metalen. Het verschijnt maandelijks in een oplage van 3.600 exemplaren, waarvan twintig procent abonnementen buiten Duitsland. Het vakblad bestaat uit de katernen Galvanotechnik, Photovoltaik, Dünnschicht und Plasmatechnik, Mikrosystemtechnik, Umwelttechnik (milieutechniek). Uitgever is Leuze Verlag, Bad Salgau (D). [www.Leuze-Verlag.de](http://www.Leuze-Verlag.de)