

Het oplossen van slijtageproblemen door dunne keramische lagen

Ir. G.J. van der Kooi en Ing. J.B. Pelzer, Philips PMF - Centre for materials, technology and innovation, Eindhoven

Om slijtage aan machine-onderdelen en gereedschappen te verminderen, wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van harde, slijtvaste lagen. Deze lagen kunnen op verschillende manieren worden aangebracht, en hebben ieder hun specifieke eigenschappen.

Slijtageproblemen spelen niet alleen in de automobielindustrie, maar ook in de elektronische industrie, waar miljarden componenten per jaar worden gefabriceerd.

We zullen hierbij drie technieken beknopt behandelen:

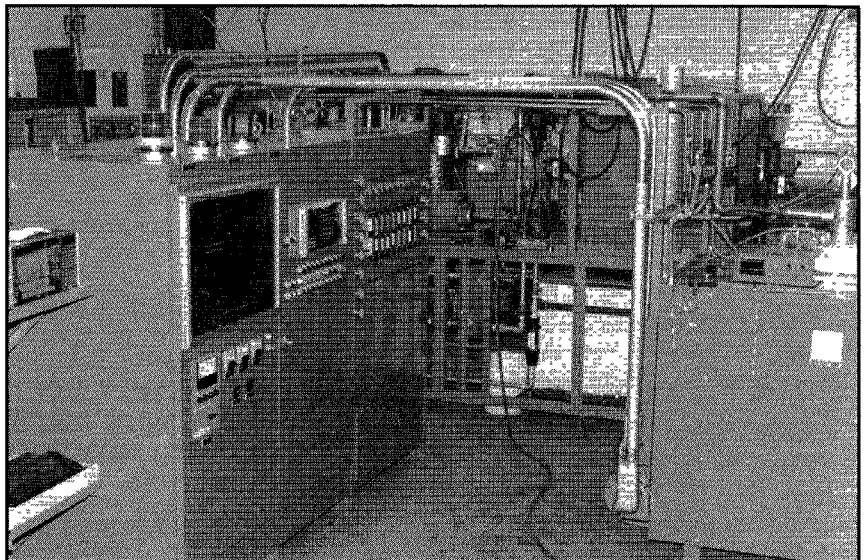
- CVD - Chemical Vapour Deposition;
- PVD - Physical Vapour Deposition;
- TS - Thermal Spraying ("vlammen plasmaspuiten").

Om vooral de constructeur een "eye opener" te geven met betrekking tot de toepassingsmogelijkheden van deze technieken, zal een aantal voorbeelden de revue passeren. Tot slot worden in een overzicht de laagsoorten met elkaar vergeleken.

Chemical Vapour Deposition

Chemical Vapour Deposition (CVD) is een chemische techniek, waarbij materiaal vanuit de gasfase op een substraat wordt neergeslagen. Het proces voor de vorming van deze lagen vindt plaats in een reactorsysteem bij temperaturen tussen 850 en 1000 °C. *Figuur 1* geeft een dergelijk CVD-systeem weer.

De installatie is volledig geautomatiseerd, en kan zonder problemen een gecompliceerd lagenpakket produceren. De productie van lagen geschiedt "batch"-gewijs. Zo worden in de hardmetaal-wereld duizenden beetplaatjes per run gecoat. Met de instal-



Figuur 1 Industriële CVD installatie (Ti Coating)

latie van *figuur 1* kunnen de volgende lagen en combinaties daarvan geproduceerd worden:

- titaannitride (TiN);
- titaancarbid (TiC);
- aluminiumoxide (Al_2O_3);
- chroomcarbide (Cr_xC_y).

Een belangrijke eigenschap van de lagen is de zeer hoge hardheid. Zo hebben de CVD-lagen een hardheid van 2000-3000 Vickers, terwijl gehard staal een gemiddelde hardheid van 800 Vickers bezit. Hardmetaal heeft op deze schaal een hardheid van 1500 Vickers. Door deze hoge hardheid vertonen de lagen een uitstekende weerstand tegen abrasieve slijtage. De chemische stabiliteit en lage wrijvingscoëfficiënt ten opzichte van staal zorgen voor een betere weerstand tegen adhesieve slijtage (aanladen).

Het is mogelijk om een groot aantal metalen te voorzien van een CVD-laag, zoals hardmetaal, gereedschapsstaal, roestvaststaal en koper. De meest toegepaste laag is ongetwijfeld titaannitride (TiN). Deze goudkleurige laag heeft een goede weerstand tegen vreten.

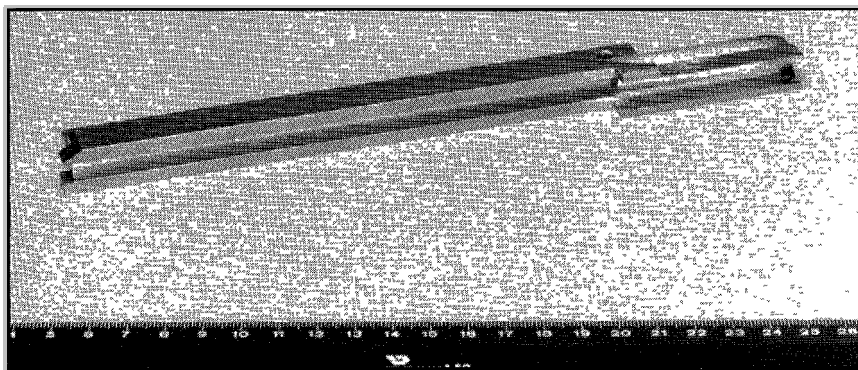
Vaak denkt men dat de standtijd van hardmetaal niet te verbeteren is! Er

zijn echter vele voorbeelden bekend waarbij een CVD-laag op hardmetaal de standtijd met een factor 2-5 verbetert. Ook op onderdelen van roestvaststaal, waar hoge glijksnelheden en geringe drukkrachten optreden, zijn inmiddels succesvol TiN-lagen toegepast.

Bij abrasieve slijtageproblemen op gereedschapsstalen wordt vaak gebruik gemaakt van titaancarbid (TiC)-lagen of een combinatie-laag van TiC/TiN. *Figuur 2* laat hiervan een voorbeeld zien. Het betreft slijtage van een geleiderail voor het transporteren van harde materialen zoals glas of keramiek.

Vaak zijn de slijtageprocessen zo complex dat een TiC of TiN coating geen oplossing biedt. In die bepaalde gevallen worden TiC/TiN combinatie-lagen aangebracht. Deze verenigen de eigenschappen van beide lagen.

Tot slot vinden de lagen aluminiumoxyde en chroomcarbide vooral hun toepassing bij slijtage/oxydatieproblemen bij hoge temperatuur. Een typisch voorbeeld hiervan zijn de hardmetaal beetplaatjes waar hoge snijksnelheden van belang zijn. Ook zijn interessante toepassingen te vinden in de glasindustrie.



Figuur 2 Geleiderail (Werkstoffnr 1 2601) met TiC

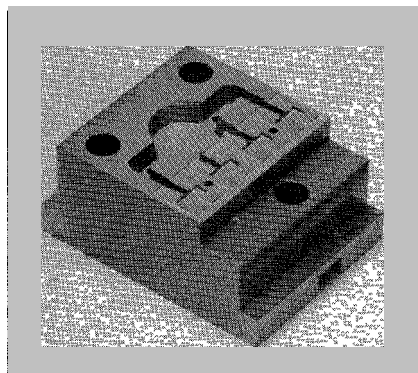
Physical Vapour Deposition

Physical Vapour Deposition (PVD) is een verzamelnaam voor een groot aantal technieken waarmee men onder andere diverse typen bescherm-lagen op metalen onderdelen kan afzetten. De door fabrikanten veel gebruike namen voor het proces zijn:

- ion plating,
- sputteren,
- arc evaporation

De belangrijkste lagen zijn TiN en amorfe koolstoflagen, al of niet versterkt met een metaalcarbide. Alle PVD-technieken zijn vacuümtechnieken. Er wordt een schoonmaak- en een opwarmbehandeling uitgevoerd, waarbij de temperatuur kan oplopen tot maximaal 500 °C. In het geval van TiN wordt zuiver Ti in de dampvorm gebracht. Deze damp slaat neer of condenseert op de werkstukken. Tijdens de depositie wordt op de juiste wijze stikstof toegevoerd die met Ti reageert tot TiN.

Omdat het PVD-proces bij relatief lage temperaturen plaatsvindt (max. 350 °C), vergeleken met het CVD-proces (1000 °C), kunnen uiterst nauwkeurige gereedschapsstalen matrijzen ($\pm 1 \mu\text{m}$) van een PVD laag worden voorzien. Er is geen sprake van ruw-



Figuur 3 Matrijs van gereedschapstaal (Werkstoffnr 1 2379) met TiN

heidsverhoging ten gevolge van het proces. Zo is in *figuur 3* een matrijs te zien met een TiN-laag. Slijtagevermindering treedt op, doordat de verwerkte thermoharders niet langer aanladen (adhesieve slijtage).

In de verspanende industrie worden PVD-TiN lagen al op grote schaal toegepast om bij boren een betere spaanafvoer te verkrijgen. Een nieuwe PVD-laag is de wolfram-koolstoflaag (W.C-H). De belangrijkste eigenschap is de extreem lage wrijving ten opzichte van metalen. Een amorfe koolstoflaag heeft als nadeel een lage hardheid - daarom wordt vaak wolframcarbide toegevoegd. Door het



Figuur 4 Extrusiematrijs voor aluminium met W C-H laag

wolframcarbidegehalte optimaal te kiezen kan men de hardheid en wrijvingscoëfficiënt variëren. De belangrijkste toepassingen liggen op het vlak van lagers, snijgereedschappen en koudvervormen van voornamelijk non-ferro metalen, zoals aluminium; zie *figuur 4*.

Tabel 1 Hierin zijn de diverse karakteristieken van de lagen op een rij gezet. Bij de voor- en nadelen is goed te zien dat deze technieken ieder een bepaald toepassingsgebied hebben.

	CVD	PVD	TS
laagsoorten	TiN, TiC, Al ₂ O ₃ , Cr _x C _y	TiN/W C-H + andere	metalen, keramieken, carbiden
laagdikte	3-10 μm	3-5 μm	30-300 μm
procestemperatuur	850-1000 °C	max 350 °C	20 °C
hechting	++	+	+/-
bedekking van de laag in een holte	++	+/-	+/-
plaatselijke bedekking	-	++	++
porositeit van de laag	++	+	-
vormvastheid substraat	+/-	++	++
maximale afmeting substraat	600 x Ø450 mm	300 x Ø250 mm	onbeperkt
globale prijsverhouding	100	100	50
voordelen	<ul style="list-style-type: none"> - goede hechting - gehele produkt bedekt - indien toepasbaar grootste standtijdverbetering 	<ul style="list-style-type: none"> - geen maatveranderingen - plaatselijk bedekken - geen ruwheids-toename 	<ul style="list-style-type: none"> - relatief goedkoop - hoogsmeltende materialen kunnen opgebracht worden - onbeperkte substraatafmeting
nadelen	<ul style="list-style-type: none"> - vormveranderingen - ruwheidstoename - beperkte substraat afmeting 	<ul style="list-style-type: none"> - holtes niet te bedekken - hoge eisen aan oppervlakte reinheid - beperkte substraat afmeting 	<ul style="list-style-type: none"> - porositeit van de laag is relatief hoog - matige hechting - niet bruikbaar voor snij-/stampgereedschappen

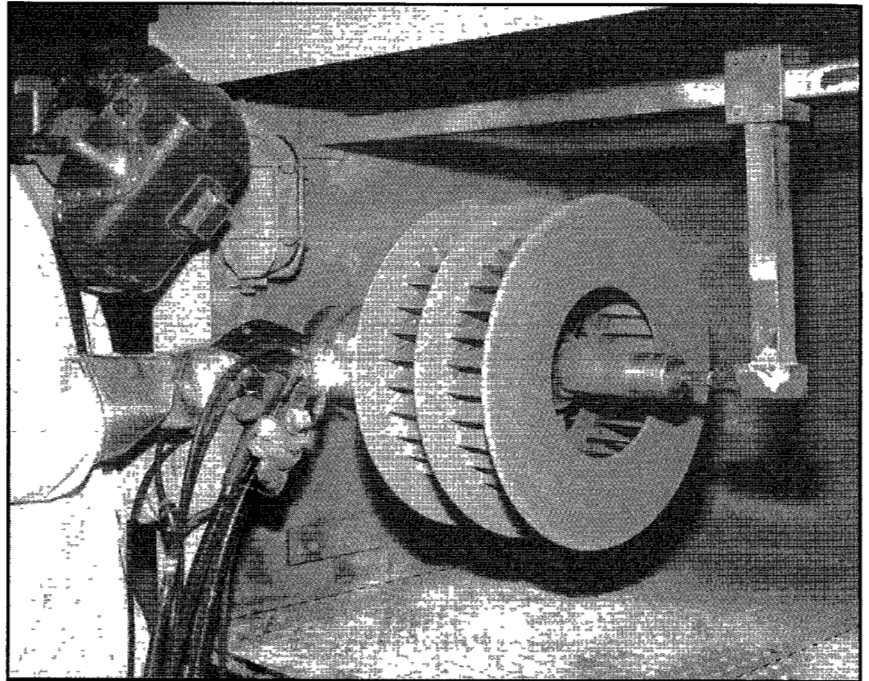
Thermisch Spuiten

Thermisch Spuiten (vlam- en plasma-sputten) is een verzamelnaam van een aantal technieken om lagen aan te brengen op een substraat. Bij thermisch spuiten wordt onder betrekking van thermische energie materiaal tot smelten gebracht en vervolgens verstovent tot fijne druppeltjes, die met grote snelheid tegen het substraatoppervlak geslingerd worden.

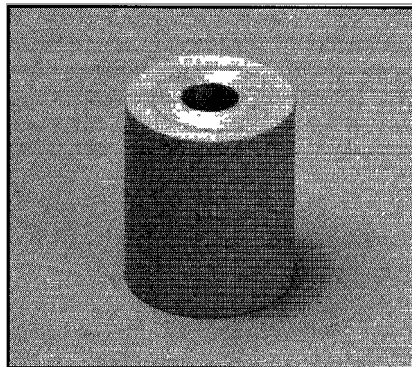
Met plasmasputten kunnen in principe alle materialen die tot smelten gebracht kunnen worden, verspoten worden, zoals metalen, legeringen, oxyden, carbiden, nitriden of mengsels hiervan. In *figuur 5* is hiervan een voorbeeld gegeven waarbij met de hand een aluminiumoxydel laag wordt aangebracht. Structuur en eigenschappen van gespoten lagen zijn verschillend ten opzichte van CVD- en PVD-lagen. Zo is de porositeit groter en de hechting op het substraat minder. De gespoten lagen zijn relatief dikker, 0,03 tot circa 3 mm. De CVD- en PVD-lagen zijn maximaal 10 μm dik. Ondanks deze verschillen hebben de thermisch gespoten lagen een veel breder toepassingsgebied waarin we kunnen onderscheiden:

- herstelwerk,
- slijtagevermindering,
- lagen voor thermische of elektrische weerstand;
- afschermingen tegen elektromagnetische storingen;
- het maken van vrijstaande lichamen

Voor slijtagevermindering worden de onderdelen voorzien van een deklaag. Dit wordt toegepast bij bijvoorbeeld assen, leidwielen en mengers. Gebruikte laagmaterialen zijn molybdeen en wolframcarbide, zie *figuur 6*. Het is soms gewenst dat onderdelen voor-



Figuur 5 Plasmasputinstallatie in gebruik



Figuur 6 Wolframcarbide op een geleide rol

zien worden van een laag die zorgt voor een thermische of elektrische weerstand. Hiervoor worden respectievelijk magnesiumzirkonaat en alu-

miniumoxyde toegepast.

Naast het spuiten van lagen is het ook mogelijk om vrijstaande voorwerpen te maken via een bepaalde lossingstechniek. Dit kunnen bijvoorbeeld kroezen, schaaltes of potjes zijn. De materialen zijn meestal de moeilijk smeltbare materialen als wolfram, molybdeen en aluminiumoxyde.

Informatie

Voor meer gedetailleerde informatie over de toepassing van deze technieken, en voor prijzen en levertijden, kunt u terecht bij:

Philips PMF

Centre for materials, technology and innovation

P.O. Box 218, 5600 MD Eindhoven
Telefoon: 040-735397.