

Thermische spuitprocessen en hun applicatie

Thermisch spuiten heeft een bijzonder breed industrieel toepassingsgebied niet alleen vanwege de grote hoeveelheid verschillende materialen die verspoten kunnen worden, elk met hun specifieke eigenschappen, maar vooral ook door nagenoeg onbeperkte combinaties tussen deklaagmateriaal en substraatmateriaal. In dit artikel van T.G. Kraak krijgt u nog eens een overzicht van de thermische spuitprocessen en wordt er dieper ingegaan op de toepassingsgebieden van thermisch spuiten.

Het principe van thermisch spuiten is in essentie eenvoudig: in een gegeneerde warmtebron wordt een materiaal, hetzij in draadvorm hetzij in poedervorm, geïnjecteerd. Door de warmteoverdracht van warmtebron naar geïnjecteerd materiaal wordt het te verspuiten materiaal plastisch gemaakt. Door middel van expansie van de warmtebron wordt dit semi-gesmolten materiaal naar het substraat verstoven waarop het een deklaag met karakteristieke eigenschappen vormt. In dit artikel leest u meer over thermisch spuitprocessen en hun applicatie.toepassingsgebieden

Als warmtebron ten behoeve van het thermische spuitproces kan gebruik worden gemaakt van de ontbranding van een gas/zuurstof vlam, elektrische energie of elektrische energie met gasinjectie. We geven hierbij nog even een overzicht van de thermische spuitprocessen:

Deze zijn in drie hoofdgroepen te verdelen:

- autogeen processen
- autogeen poederspuiten
- autogeen draadspuiten
- HVOF poederspuiten
- Elektrische (draad)spuitprocessen
- Elektrisch draadspuiten
- Plasma processen
- Atmosferisch plasmaspuiten
- Lagedruk plasmaspuiten

Thermisch spuiten is, met slechts één uitzondering, een koud proces. Dat wil zeggen dat, ongeacht de warmtebron van het toegepaste spuitproces, de temperatuur van het werkstuk controleerbaar beneden de 100 °C tot 150 °C gehouden kan worden. Dit heeft geen structuur- of faseveranderingen van het basis-

materiaal noch thermische effecten op het basismateriaal tot gevolg; dit in tegenstelling tot de warmte-inbreng bij bijvoorbeeld het lassen.

De ontstane deklagen zijn het best te karakteriseren als lamellair en microporeus van structuur. Koudgespoten deklagen bezitten een hoge drukvastheid maar een lagere trekvastheid dan hetzelfde materiaal in staf of massieve vorm. Gezien het feit dat elk materiaal in poedervorm te fabriceren is en gebruik gemaakt kan worden van warmtebronnen met specifieke fysische eigenschappen, kan, afhankelijk van het proces elk materiaal verspoten worden. In combinatie met de geringe invloed van de warmte-inbreng op het substraat is er nagenoeg geen beperking tussen de combinatie deklaag/substraat. Mede hierdoor heeft het thermisch spuiten een bijzonder breed industrieel toepassingsgebied.

Insmeltlegering

Een uitzondering op de koudspuittechniek is het aanbrengen van een zogenaamde "insmeltlegering". Dit is een deklaag die (meestal) middels het autogeen poederspuitproces wordt aangebracht en die na het aanbrengen tezamen met het substraat een additionele warmtebehandeling ondergaat op ca. 1000 °C en vervolgens controleerbaar langzaam te laten afkoelen. Een andere naam voor deze thermisch gespoten deklagen is "hardmetalen" of "zelfvloeiende legeringen". Deze deklagen behouden hun hardheid bij bedrijfsomstandigheden waarbij van hoge temperaturen sprake is, zijn metallografisch met het basismateriaal verbonden, zijn dicht qua structuur en kunnen derhalve wel een lijn-, punt- en/of stootbelasting verdragen.

Alvorens nader in te gaan op de spuitapparatuur en

sputmaterialen van deze specifieke groep, is het nuttig een korte toelichting te geven op de eigenschappen van deze legeringen.

Het opbrengen van zeer harde, slijtvaste en corrosiebestendige spuitlagen is geen nieuwe ontwikkeling in de thermische spuittechniek. Het proces werd reeds in de vijftiger jaren geïntroduceerd en wordt sindsdien regelmatig toegepast. Toch is er nog een groot aantal toepassingen dat niet worden benut en door gebrek aan kennis en of ervaring, alsook door de vrees dat dit proces technisch gecompliceerd en daarom moeilijk uitvoerbaar is of door andere zaken.

Zelfvloeiend

Deze term wordt gebruikt om legeringen op nikkelbasis of kobaltbasis aan te duiden, die borium en gewoonlijk ook silicium bevatten in hoeveelheden van meer dan 1,5 %. De elementen borium en silicium hebben diverse functies in legeringen van dit type. Borium en silicium verlagen het smeltpunt met enkele honderden graden en kunnen zelfs een eutectische samenstelling vormen, waarbij er geen smelttraject optreedt maar een smeltpunt.

Zowel borium als silicium werken desoxiderend, met andere woorden ze reduceren de oxiden van nikkel, chroom, kobalt en ijzer en bevorderen het bevochtigen. Oppervlaktenspanning en vloeibaarheid van de gesmolten legering worden voor een groot deel bepaald door borium en silicium toevoegingen. De boriumsilicium glas "slak" die een dunne oppervlaktefilm vormt houdt de oxidatie tegen gedurende het samenvloeien.

De hardheid

De hardheid van de zelfvloeiende legeringen hangt voornamelijk af van het borium- en koolstofgehalte. Elke macrohardheid tussen de 20 en 70 HRC kan worden verkregen. Bij toenemende hardheid neemt ook de brosheid toe; boven 65 HRC neemt deze brosheid zelfs snel toe. Kenmerkend van deze legering is dat ze hun mechanische eigenschappen, met name hun hardheid bij hoge temperatuur, behouden.

Bij bedrijfstemperaturen boven 650 °C hebben ze bijna nog dezelfde hardheid als bij kamertemperatuur. Wel moet worden opgemerkt dat materialen met de hoogste hardheid de slechtste weerstand tegen impact hebben; dit uiteraard wel afhankelijk van de invalshoek. Wel kan algemeen gesteld worden dat materialen met de hoogste hardheid de hoogste weerstand tegen "low stress abrasion" en fretting hebben. De situatie is anders daar waar het slijtagegedrag zich bij hoge temperatuur afspeelt.

Poreusheid

Voor praktisch alle doeleinden kunnen goed aange-

brachte en ingesmolten deklagen van zelfvloeiende legeringen als poreusvrij beschouwd worden. Maar welk type of merk men ook neemt, dergelijke oppervlaktelagen bevatten minuscule kleine slakinsluitingen die na het prepareren van een metallografisch monster en bij sterke vergrotingen onder de microscoop zichtbaar worden. Deze insluitingen zijn bros en in water oplosbaar; vandaar dat ze na het slijpen te voorschijn kunnen komen als microscopisch kleine poriën.

De rek

Van alle zelfvloeiende legeringen is de rek bijzonder laag en veelal minder dan 1 %. Dit houdt in dat er een goede keuze gemaakt moet worden tussen de op te brengen deklaag enerzijds en het basismateriaal anderzijds.

De slijtbestendigheid

De slijtbestendigheid van alle zelfvloeiende legeringen is gewoonlijk hoger dan die van materialen met vergelijkbare hardheid. Echter, het is per definitie niet vanzelfsprekend dat een hoge hardheid ook een hoge slijtbestendigheid inhoudt. Juist hierdoor maakt het zoeken naar een oplossing voor een specifiek slijtagefenomeen de slijtageproblematiek zo complex.

De wrijvingscoëfficiënt

Van een zelfvloeiende legering is de wrijvingscoëfficiënt laag wanneer ze gekoppeld zijn aan een reeks van metalen, legeringen en kunststoffen. Hierdoor is ook gedeeltelijk de lage slijtageweerstand te verklaren, die zoals eerder vermeld, karakteristiek is voor deze legeringen. Bij de wrijvingscoëfficiënt dienen we twee soorten te onderscheiden, namelijk de statische en de dynamische wrijvingscoëfficiënt. De statische wrijvingscoëfficiënt is onder andere afhankelijk van de oppervlakteruwheid en het dragend vermogen. Met name keramische deklagen, nabewerkt door middel van superfinishing, bezitten een lage dynamische wrijvingscoëfficiënt. Ze vertonen daardoor geen stickslip gedrag, hetgeen hoofdzakelijk bepaald wordt door het grote dragend vermogen.

De corrosieweerstand

De gebruikte insmeltlegeringen bezitten een hoog chroom en nikkel percentage en zijn daardoor vergelijkbaar of beter wat corrosiebestendigheid betreft dan austenitische roestvaste staalsoorten. Zowel de op kobalt- als op nikkelbasis toegepaste insmeltlegeringen vertonen een goede corrosiebestendigheid in zowel atmosferische alsook maritieme omstandigheden. De insmeltlegeringen op basis van nikkel vertonen een marginaal betere corrosiebestendigheid in

caustische omstandigheden, terwijl de legeringen op kobaltbasis een betere weerstand vertonen in een zure omgeving. Corrosie is dikwijls een extra factor bij de slijtage; dit feit wordt niet altijd evenzeer onderkend, daar corrosieproducten meestal even vlug wegslijten als dat ze gevormd worden. Daar waar zowel corrosie als slijtage een rol speelt doen met name de insmeltlegeringen het uitzonderlijk goed.

Carbiden

De carbiden die bij zelfvloeiende legeringen aangebracht worden, bestaan meestal uit een mengsel van wolframcarbiden en de zelfvloeiende legering. De opbreng techniek hangt af van de korrelgrootte van het mengsel en van het percentage carbiden in de matrix. Veel gebruikte wolframcarbidepoeders zijn de eutectische mengsels WC-W₂C voor oplasprocessen. Bij insmeltlegeringen wordt veelal gebruik gemaakt van een blend waarbij de NiCr-legering de matrix is en de gebruikte verhouding een mengsel van 30 tot 80 gewichtsprocenten van wolframcarbiden is.

Processen

Er zijn drie processen die commercieel materialen in poedervorm kunnen verwerken voor het aanbrengen van deklagen en die gekwalificeerd kunnen worden onder de naam "fused coatings", namelijk

- 1 thermisch spuiten
- 2 poederlassen
- 3 plasma transferred arc

Een vierde proces dat echter nog niet op grote schaal commercieel beschikbaar is, is het aanbrengen van deklagen via de lasertechnieken, het zogenaamde "Lasercladden".

Thermisch spuiten

Het aanbrengen van ingesmolten deklagen is een proces in twee stappen. Het aan te brengen materiaal wordt allereerst op een vooraf voorbereid en geschikt basismateriaal gespoten, waarna het vervolgens in een tweede stap ingesmolten wordt. Het insmelten kan gebeuren middels een vlam, inductie, een oven of insmelten in gesmolten zout. Het proces is uitermate geschikt om deklagen met een dikte van 0,5 tot 2 mm aan te brengen, alhoewel ook wel dunnere deklagen voor specifieke toepassingen gebruikt en al dan niet ingesmolten worden. De opgebrachte en ingesmolten deklagen zijn volledig homogeen en dicht van structuur. De hechting met het basismateriaal wordt gevormd door middel van diffusie; juist daardoor zijn deze deklagen volledig metallografisch verbonden met het basismateriaal. Met name door deze twee eigenschappen, dicht en metallografische verbinding met basismateriaal, kunnen deze deklagen zware belastingen verdragen in de vorm van een lijn-, punt- en/ of stootbelasting.

Het grootste toepassingsgebied is op rollen, asbussen met glandafdichting en vergelijkbare onderdelen die tijdens het spuiten en infusen (insmelten) kunnen roteren. Onderdelen in het platte vlak kunnen ook gecoat worden, maar er moet rekening gehouden worden met kromtrekken, hetgeen echter tot een minimum beperkt kan worden als in een oven ingesmolten wordt.

Poederlassen

Bij het poederlassen wordt het op te brengen materiaal centraal in een, in een gemodificeerd zuurstof/acetyleen brander, gasstroom geïnjecteerd voordat het de brandertip verlaat. De vlam van het ontstoken gasmengsel wordt gebruikt voor zowel het werkstuk voor te verwarmen alsook het poeder te verspuiten en gelijktijdig in te smelten. Dit spuitproces geeft een las van gelijke vorm als van vergelijkbare oplasmethoden en is zeer geschikt voor het aanbrengen van deklagen op scherpe overgangen zoals hoeken en randen van mallen, trekstenen, snijgereedschappen en dergelijke.

Plasma transferred arc

Dit proces kan vergeleken worden met het hierboven beschreven poederlassen, echter met dit verschil dat de warmtebron een elektrische boog in plaats van een vlam van een ontstoken gasmengsel van acetyleen/zuurstof is. Het proces laat zich uitstekend mechaniseren en vindt dan ook daar zijn toepassing waar een grote hoeveelheid van onderdelen met gelijke geometrie gecoat moeten worden. Het toepassingsgebied is beperkt tot die onderdelen waarbij werkstukmanipulatie mogelijk is.

Apparatuur en materialen

Aankankelijk werden de zelfvloeiende legeringen verspoten door het poedermateriaal in een plastic huls te persen en via een draadpistool te verspuiten. Dit systeem, dat jarenlang onder andere als het "Sprayweld Process" bekend stond, werd later vervangen door de in 1957 in gebruik genomen poederspuitpistolen. Voordelen van het gebruik maken van poederspuitpistolen in plaats van draadspuitpistolen zijn onder andere het ontbreken van draaiende onderdelen. Hierdoor treedt weinig slijtage op aan de apparatuur en prettige bijkomstigheden zijn milieuvriendelijke aspecten zoals minder stof en minder lawaai. Bovendien is er een grotere variëteit in toe te passen spuitmaterialen. In de jaren 60 werd deze apparatuur herontwikkeld en kwam een productieunit commercieel beschikbaar waarbij gebruik gemaakt werd van een separate poedertoevoerunit. Hiermee werden coatings geproduceerd die reproduceerbaar waren in termen van constantheid van pistoolparameters en poedertoevoer.

Spuitlagen van zelfvloeiende legeringen zijn, na het insmelten metallurgisch met het basismateriaal verbonden. De trekvastheid bedraagt circa 50 MPa en de hardheid varieert van 30 tot 60 HRC. In tegenstelling tot de niet ingesmolten thermisch gespoten deklagen karakteriseren deze lagen zich als dicht, metallografisch met het substraat verbonden en daardoor bestand tegen een lijn-, punt en/of stootbelasting.

Beperkingen

Anders dan het koudspuiten heeft het aanbrengen van insmeltlegeringen beperkingen. Niet alleen de warmtebehandeling op ca. 1000 °C na het aanbrengen van deze deklaag zorgt voor beperkingen ten aanzien van het basismateriaal, ook de grootte en de geometrie van de te coaten werkstukken zijn bij dergelijke deklagen een beperking.

Toepassingsgebieden

Zoals al eerder gemeld heeft het thermisch spuiten een bijzonder breed industrieel toepassingsgebied niet alleen vanwege de grote hoeveelheid verschillende materialen die verspoten kunnen worden, elk met hun specifieke eigenschappen, maar vooral ook door nagenoeg onbeperkte combinaties tussen deklaagmateriaal en substraatmateriaal. Toepassingsgebieden zijn in te delen naar industriegroep en naar faalmechanisme. Dit geldt voor zowel de reparatiegerichte sector als voor nieuwbouwt toepassingen. Na analyse van het faalmechanisme wordt uitgegaan van het gegeven welke bescherming noodzakelijk is om het onderdeel weer te herstellen naar nominale tekeningmaat, met als toegevoegde waarde levensduurverlenging.



Figuur 1: Heupimplantaten



Figuur 2: Toepassing in hydrauliek



Figuur 3: Monopompassen

Karakteristieke eigenschappen

Thermisch gespoten deklagen bezitten, daar waar we spreken over een koudspuitproces, een structuur die zich best kan omschrijven als zijnde lamellair en microporeus van structuur. Ze bezitten daardoor een hoge

drukvastheid, maar kunnen in tegenstelling tot de warmgespoten lagen geen extreme lijn-, punt en/of stootbelasting verdragen. Na een juiste analyse van het faalmechanisme kunnen door de juiste keuze van het thermische spuitproces en materiaal, eigenschappen zoals hechtsterkte, laagdikte, dichtheid, corrosie en/of chemische bestendigheid, ductiliteit en hardheid beïnvloed worden.

Kwaliteitscontrole en keuringscriteria.

Bij het thermisch spuiten van onderdelen wordt, na de analyse van het faalmechanisme en de keuze van het toe te passen spuitproces en spuitmateriaal, de volgende volgorde aangehouden:

- de juiste voorbehandeling van het onderdeel
- het ondermaats bewerken van die vlakken die hersteld dienen te worden
- de juiste maskeer techniek
- ontvetten
- stralen
- spuiten
- nabewerking van het gespoten vlak of onderdeel.

Vaak wordt het keuringscriterium, kwaliteitscontrole van het te verspuiten materiaal, niet toegepast. Na aanschaf van het spuitmateriaal dient dit gecontroleerd te worden op chemische samenstelling en bij poedermaterialen ook nog op de juiste korrelfractie, korrelfractieverdeling, grootte en vorm van de poederdeeltjes en fabricage methodiek van het poeder. Al deze eigenschappen kunnen na de juiste parametersetting van de apparatuur van directe invloed zijn op zowel de mechanische als fysische eigenschappen van de aangebrachte deklaag. Het spuiten van monsters bij aanschaf van spuitmaterialen is dan ook van essentieel belang om bij de juiste parametersetting uiteindelijk dit spuitmateriaal met dat specifieke lotnummer van fabricage te kwalificeren en goed te keuren en uiteindelijk vrij te geven voor productie. Gespoten monsters kunnen gecontroleerd worden op hechting, dichtheid, chemische en of corrosiebestendigheid, hardheid en metallografie. Een gangbare procedure voor de kwaliteitscontrole van spuitmate-

Thermisch gespoten deklagen kunnen worden aangebracht op diverse onderdelen in de:

- pompen industrie
- monopompassen, sleeves, lipseal en O-ring afdichtingen
- elektriciteitscentrales en industriële gasturbines
- centrales, oliekeringsen, slossen, afdichtingen en labyrint afdichtingen
- chemische en petrochemische industrie en raffinage
- lipseals en O-ring afdichtingen, pompen
- plastic procesindustrie
- extruders, kogellagerpassingen
- elektrotechnische industrie
- shielding, condensatoren
- gieterijen
- herstellen van gietgallen
- staalindustrie
- rollen pettelfabriek, rollen van continugietinstallaties, warm- en koudbandwalserijen zoals doorns en dergelijke
- luchtvaart en ruimtevaart
- liners, seals, labyrintafdichtingen, warmtewisselaars en dergelijke
- machinebouw
- algemeen
- medische industrie
- heup- en tandimplantaten
- glasindustrie
- goten, tourniquettes, pegels en vormen, targets, thermopane
- automobiellindustrie
- zuigerveren, synchroonringen, krukassen
- scheepvaart
- cilinderboringen, koppen van zuigers, drijfstangen
- landbouwindustrie
- snijmessen
- papierindustrie
- waterverdeelrollen, rubberdoekcilinders, plaatcilinders, labellingrollen, kogellagerpassingen
- moulding industrie
- maken van mallen voor enkel en kleine seriefabricage
- huishoudelijke toepassingen
- koekenpannen, pannen (esthetisch)

De lagen kunnen om de volgende redenen worden aangebracht:

- om weerstand te bieden tegen onder meer:
- corrosieve aantasting
- corrosie op hoge temperatuur
- chemische en slijtage weerstand

Andere redenen voor het aanbrengen van thermisch gespoten lagen kunnen zijn:

- vergroten chemisch bescherming
- herstellen van verkeerd machinaal bewerkte onderdelen
- verbeteren noodloopeigenschappen
- decoratie
- verbeteren glij-eigenschappen op lagervlakken

Een aantal voordelen van thermisch spuiten is:

- geen restrictie in de combinatie deklaag/basismateriaal, dus:
- elk basismateriaal; kan worden voorzien van een deklaag
- elk materiaal; kan als deklaag worden toegepast
- hoge reproduceerbaarheid en nauwkeurighedsgraad
- het proces is flexibel in gebruik. Op locatie spuiten is mogelijk.

rialen tot eindproduct is weergegeven in de volgende stappen:

- Kwaliteitscontrole spuitmateriaal
- Chemische samenstelling
- Korrelfractie
- Korrelfractieverdeling
- Vorm en grootte van de poederdeeltjes
- Fabricagemethodiek
- Spuiten van monsters
- Hardheid
- Dichtheid
- Hechtsterkte
- Buigtest
- Chemische en corrosiebestendigheid (zoutsprietest, ECP-test)
- Elementanalyse
- Metallografie
- Porositeit
- Verontreiniging interface
- Ongesmolten deeltjes
- Structuur
- Spuitmateriaal vrijgeven voor productie
- Analyse faalmechanisme
- Keuze juiste spuitproces en deklaagmateriaal
- (voor)bewerken van het te spuiten onderdeel
- ondermaats bewerken van te spuiten vlakken bij reparatie
- de juiste voorbewerking van het onderdeel van het onderdeel bij nieuwbouw
- juiste voorbewerking van onderdeel voor spuiten
- maskeren, ontvetten, voorverwarmen
- spuiten
- nabewerken
- juiste nabewerkinggereedschap
- eindcontrole
- topografie zoals Ra, Rz en Mr
- nominale eindmaten
- verpakken en verzenden
- facturatie

Om deklagen te kwantificeren kan een uitgebreid onderzoeksprogramma vooraf doorlopen worden waarbij genoemde eigenschappen vooraf gekarakteriseerd worden en de reproduceerbaarheid van de aangebrachte deklaag aangetoond wordt. Vaak wordt hierbij een zekere vorm van garantie gevraagd, waarbij alleen die eigenschappen die vooraf en met de klant overeengekomen zijn gegarandeerd kunnen worden. Dit aan te tonen aan de hand van, onder dezelfde procesomstandigheden als het te spuiten onderdeel, meegespoten monsters, die op mechanische en of fysische eigenschappen gecontroleerd kunnen worden. Functionaliteit van de deklaag kan niet altijd gegarandeerd worden, simpelweg omdat niet altijd bekend is onder welke bedrijfsomstandigheden het onderdeel functioneert.

Applicatie in de nieuwbouw

Slijtage vindt altijd plaats aan het oppervlak en het aanbrengen van deklagen dient uiteindelijk te leiden tot het vertragen van het faalmechanisme met als hoofddoel levensduurverlenging.

Om te komen tot een juiste materiaalkeuze dient er een goede communicatie over en weer te zijn tussen

eindgebruiker en applicateur.

Hoe meer er bekend is over de bedrijfsomstandigheden waaronder een onderdeel functioneert hoe gericht een materiaal- en proceskeuze gemaakt kan worden en hoe beter eventuele eisen ten aanzien van de deklaag door de applicateur gegarandeerd kunnen worden. ■

		Eigenschappen van beschikbare thermische spuitprocessen					
		Autogeen			Elektrisch	Plasma	
Eigenschap	Coating type	Draad	Poeder	HVOF	Draad	Atmosferisch	Lagedruk
Gastemperatuur (°C)		3000	3000	2000-3000		12000-16000	10000-80000
Hechtsterkte (Mpa)	Ferro Non-ferro Insmeltlegeringen Keramiek Carbiden	14 - 28 7 - 24	14 - 21 7 - 34 > 85 14 - 34 34 - 48	48 - 62 48 - 62 62 >85	28 - 41 14 - 48	21 - 34 14 - 48 21 - 41 55 - 69	100 - 400 400 - 750 25 - 55 60 - 100
Dichtheid (%)	Ferro Non-ferro Insmeltlegeringen Keramiek Carbiden	85 - 90 85 - 90	85 - 90 85 - 90 100 90 - 95 85 - 90	95 - 98 95 - 98 98 95 - 98	85 - 95 85 - 95	90 - 95 90 - 95 90 - 95 90 - 95	97 - 99 97 - 99 95 - 98 95 - 98
Hardheid	Ferro Non-ferro Insmeltlegeringen Keramiek Carbiden	84 Rb - 35 Hc 95 Rh - 40 Rc	80 Rb - 35 Rc 30 Rh - 20 Rc 30 - 60 Rc 40 - 65 Rc 45 - 55 Rc	90 Rb - 45 Rc 100 Rh - 55 Rc 50 - 60 RC 55 - 72 RC	85 Rb - 40 Rc 40 Th - 35 Rc	80 Rb - 40 Rc 40- Rh - 50 Rc 45 - 65 Rc 50 - 65 Rc	30 - 50 Rc 45 - 55 Rc 50 - 70 Rc 50 - 70 Rc
Doorlaatbaarheid	Ferro Non-ferro Insmeltlegeringen Keramiek Carbiden	Hoog Hoog	Gemiddeld Gemiddeld Niet Gemiddeld Gemiddeld	Verwaarloosbaar Verwaarloosbaar Verwaarloosbaar Verwaarloosbaar	Gemiddeld Gemiddeld	Gemiddeld Gemiddeld Laag Laag	Geen Geen Verwaarloosbaar Verwaarloosbaar
Laagdikte maximaal (mm)	Ferro Non-ferro Insmeltlegeringen Keramiek Carbiden	0,5 - 2,0 0,5 - 2,0	0,5 - 2,0 0,5 - 5,0 0,4 - 2,5 0,4 - 0,8 0,4 - 0,8	0,6 - 2,5 0,5 - 2,5 0,4 - 3,8	0,5 - 2,5 0,5 - 5,0	0,4 - 2,5 0,4 - 5,0 0,4 - 5,0 0,4 - 5,0	0,05 - 10 0,05 - 10 0,1 - 15 0,05 - 5 0,05 - 10

Nieuwbouwapplicaties

Industrie	Onderdeel	Proces	Deklaag	Doel
Glasindustrie	Glasvormen en pegels	HVOF	Insmeltlegering	Slijtage in combinatie met hitte
	Tourniquettes	HVOF	Cermets	Slijtage in combinatie met hitte
	Goten	Plasma	Classified	Slijtage, hitte, wrijving
	Targes vlakglas	Plasma	Classifies	Low e-coating
	Thermopane	Autogeen	Tin	Soldeerbaarheid
Automobiel/Scheepvaart	Zuigervan	Autogeen	Refractory	Slijtage, wrijving, zelfsmierend
	Synchroonringen	Autogeen	Refractory	Slijtage, wrijving, zelf smierend
	Drijfstanden	AWS / CWS	Classified	Slijtage, wrijving, zelfsmierend, hitte
	Klepstelen	AWS / CWS	Chroomstaal / molybdeen	Slijtage, wrijving, zelfsmierend
	Krukassen	AWS / CWS	Chroomstaal / babbit	Slijtage, wrijving, zelfsmierend
	Food / proces / chemie	Boring, tapes, deksels	Plasma / AWS	Cermets, chroomstaal
Geschaapte warmtewisselaars		Classified	Classified	Slijtage, corrosie (chemisch-biochemisch), FDA
Lipseals en O-ringafdichtingen		Plasma	Keramiek	Chemische bestendigheid, wrijving
Monopompassen		Plasma	Keramiek, cermets	Chemische bestendigheid, slijtage
Roerelementen		Plasma	Keramiek	Chemische bestendigheid, slijtage
Liners		HVOF	Cermets, chroomstaal/rvs	Slijtage
Sleeves		Plasma / HVOF	Keramiek, rvs	Slijtage corrosie (chemisch-biochemisch), FDA,
Pannen		Plasma	Keramiek	Slijtage, non stick
Hydrauliek		Zuigerstanden	HVOF / Plasma	Keramiek
Grafisch	Waterverdeeldrollen	Plasma	Keramiek	Inktoverdracht
	Rubberdoekcilinders	AWS	Chroomstaal	Slijtage
	Plaatcilinders	HVOF	Cermets	Slijtage
	Labelingrollen	Plasma	Keramiek	Slijtage, non stick
Staal	Rollen continugietinstallatie	CPS	Insmelt	Slijtage, hitte
	Inserts	AWS	Brons	Slijtage, wrijving
	Rollen pelletfabriek	Plasma	Keramiek	Slijtage
IGT / SGT	Oliekeerringen	CWS	Witmetaal	Wrijving
	Sloffen	CWS	Witmetaal	Wrijving
	Ringen	Plasma	Abradable	Wrijving / slijtage / slijtwilig
	Liners	Plasma	TBC	Hitte / erosie
	Sealsegmenten	Plasma ? HVOF	JSF	Hitte, erosie, slijtage
Algemeen	Treden	AWS	Classified	Grip, slijtage, corrosie
Medisch	Heup implantaten	Plasma	HA	Bioactief
	Tand implantaten	Plasma	HA	Bioactief
	Knie implantaten	Plasma	Keramiek	Slijtage