Oppervlaktebehandeling voor de constructeur – V

Thermische deklagen

In de praktijk ontstaan nog al eens misverstanden als door een constructeur of ontwerper in de tekening wordt voorgeschreven dat een voorwerp moet worden 'verzinkt'. Als niet met de juiste term of eis wordt omschreven wat wordt verwacht kan dit tot verwarring en schade leiden. Om te voorkomen dat de eindgebruiker met de negatieve gevolgen wordt opgezadeld moet duidelijk worden aangegeven welke applicatiemethode wordt bedoeld. Samenwerking tussen constructeur en applicateur is essentieel.

Jacques Schreuder, branchesecretaris & opleidingscoördinator, Vereniging ION

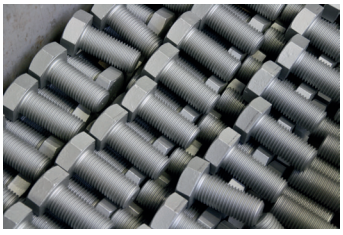
Dit artikel in de reeks 'Oppervlaktebehandeling voor de constructeur' behandelt metaaldeklagen die in vloeibare of plasmatoestand worden aangebracht door dompeling of diffusie. Als branchevereniging beoogt ION met de artikelreeks de oppervlaktebehandelingstechnieken dichter bij de ontwerper en constructeur te brengen, door duidelijk te maken wat met deze techniek bereikt kan worden op technisch, economisch en esthetisch gebied.

Thermische dompeldeklagen

Onder thermische dompeldeklagen verstaan wij deklagen die worden verkregen door onderdompeling van het te bedekken materiaal in een gesmolten metaal. De bekendste processen uit deze groep zijn:

- thermisch verzinken;
- thermisch vertinnen.

Thermisch verzinken, het dompelen in gesmolten zink of een zinklegering, is een bewerking die vrijwel uitsluitend op staal wordt toegepast. Een enkele maal wordt gietijzer thermisch verzinkt. Zink heeft een smeltpunt van 419,5 °C en het onderdompelen in gesmolten zink vindt meestal plaats bij temperaturen tussen 445 °C en 465 °C. Andere (onjuiste) namen, die voor deze bewerking wel worden gebruikt, zijn galvaniseren, vuurverzinken, dompelbadverzinken of volbadverzinken. Maar thermisch verzinken is de enige genormaliseerde naam, die de voorkeur heeft om verwarring te voorkomen. Naast het thermisch verzinken zijn er nog diverse manieren om een zinklaag aan te brengen. In de tabel zijn de meest voorkomende methoden en de belangrijkste verschillen weergegeven.



Thermisch verzinken

Bij thermisch verzinken vormt zich op het staaloppervlak een gesloten zinklaag met een laagdikte van circa 45-200 µm. Afhankelijk van de staalsamenstelling kan de zinklaag veel dikker zijn. De laagdikte is groot ten opzichte van bijvoorbeeld een elektrolytisch aangebrachte zinklaag. Dit is erg belangrijk, want zink beschermt staal door zijn opofferende werking. De levensduur van een thermische zinklaag is afhankelijk van de laagdikte en de corrosiesnelheid ter plaatse. In het grootste deel van Nederland geldt de klimaatklasse C3, daarmee varieert de corrosiesnelheid van zink van 0,7 tot 2,1µm/jaar (gemiddeld 1,2 µm/jaar), Uitgaande van een laagdikte van 85 µm betekent dit een minimum levensduurverwachting van ongeveer 40 jaar.

De andere voordelen van het thermisch verzinken zijn de hardheid en de slijtvastheid van de zinkijzerlegeringslagen, de inwendige bescherming van holle structuren en een goede bescherming van hoeken en kanten. Bij kleine beschadigingen van de zinklaag, geeft de zinklaag een kathodische bescherming waardoor geen roest zal optreden.

Tegenover deze voordelen staat ook een nadeel. Door de hoge temperatuur van het zinkbad kunnen voorwerpen, die daarvoor gevoelig zijn, gaan trekken. Met het ontwerp en de detaillering van de constructie moet men daarom rekening houden met het feit dat thermisch verzinken zal worden uitgevoerd en zijn vervormingen van het staal vaak te voorkomen.

Verzinkprocessen

Bij het thermisch verzinken onderscheidt men verschillende processen als discontinu verzinken, (volgens het droog verzinken procedé en sporadisch nog het nat verzinken procedé), centrifuge-verzinken en Sendzimir- of continu-verzinken. Bij het discontinu thermisch verzinken worden gerede producten of halffabricaten batchgewijs verzinkt.

Het centrifuge-verzinken is een speciale manier van discontinu thermisch verzinken en wordt vooral toegepast op kleinere onderdelen en producten met schroefdraad. Na de voorbehandeling worden de producten in korven verzinkt en direct na het zinkbad gecentrifugeerd waardoor het overtollige zink

eraf geslingerd wordt en onder andere de schroefdraad gangbaar blijft.

Het continu- of Sendzimir-verzinken wordt in speciaal daarvoor ingerichte fabrieken uitgevoerd, voornamelijk op plaatmateriaal en draad, maar ook op buis. De voorbehandeling is volledig anders dan de voorbehandeling bij het discontinu thermisch verzinken. De zinklaag op het product is ook dunner, namelijk maar 15 tot 30 µm.

Voorbehandeling

Alleen stalen werkstukken die geheel schoon zijn, kunnen thermisch worden verzinkt. Er mag geen vuil, vet, roest, hamerslag, gloeihuid of walshuid op het oppervlak aanwezig zijn. Voor het verwijderen van vet en vuil gebruikt men reinigingsmethoden; bij thermische verzinkerijen is dat meestal ontvetten in een sterk alkalisch bad. Voor het verwijderen

Proces: Eigenschap	Thermisch verzinken	Zinkspuiten	Elektrolytisch verzinken	Sherardiseren	Mechanisch verzinken	Zinkstofrijke grondverf
Laagdikte, µm	50 – 200	30 - 100	5 - 40	15 - 25	5 - 80	20 - 70
Laagdikte-beheersing	moeilijk	matig	goed	goed	goed	matig
Verwarming bij applicatie, °C	tot 465	tot 100	geen	tot 410	geen	geen
Hechting	zeer goed	goed	goed	zeer goed	goed	goed
Stootvastheid	goed	matig	goed	goed	matig	goed
Vervormbaarheid	slecht	slecht	goed	slecht	matig	matig
Legeringslaag	Ja	nee	nee	Ja (uitsluitend)	nee	nee
Poreusheid	niet	wel	niet	niet	niet	weinig
Corrosiewering (bij voldoende laagdikte)	zeer goed	Goed (organische toplaag noodzaak)	matig	goed	goed	goed
Afmetingen (m)	Afh. van badafmetingen	geen beperking	Afh. van badafmetingen	Afh. van installatie	Afh. van installatie	geen beperking
Schroefdraad	centrifugeren	ongeschikt	geschikt	zeer geschikt	zeer geschikt	weinig geschikt
Reparatie	zinkverf en legeringsstaaf; moeilijk	zinkverf; zeer moeilijk	niet mogelijk	niet mogelijk	met zinkverf	met zinkverf
Verfhechting	slecht; voorbehandeling nodig	goed	slecht; voorbehandeling nodig	Goed	goed	goed
Uiterlijk	zilverkleurig tot mat grijs	grijs	zilverkleurig	donkergrijs	mat zilvergrijs	grijs
Slijtvastheid	Goed	matig	goed	Goed	matig	matig
Norm	NEN en ISO 1461; NEN en ISO 14713-2	NEN en ISO 2063	NEN en ISO 2081:2009	NEN en ISO 13811	NEN en ISO 12683	NEN en ISO 12944

Vergelijking tussen de verschillende discontinue verzinkmethoden.

van roest, gloei- en walshuid wordt gebeitst, in Europa hoofdzakelijk in zoutzuur. In de VS beitst men ook wel eens in zwavelzuur en voor gietwerk worden ook mengsels gebruikt met fluorwaterstofzuur erin om resten vormzand te verwijderen. Nadat het oppervlak goed is gereinigd wordt direct daarna een vloeimiddel (flux) aangebracht, dat dient om een goede hechting van het zink op het staal mogelijk te maken. Niet alleen bij verzinken, maar ook bij andere thermische processen, zoals solderen, gebruikt men vloeimiddel. Bij het droog thermisch verzinken, wat tegenwoordig de standaard is, worden de voorwerpen in een oplossing van vloeimiddel (flux) gedompeld daarna gedroogd en in gedroogde toestand in het zinkbad gebracht.

Zinklaag

De zinklaag, die bij thermisch verzinken op staal ontstaat, bestaat alleen maar voor het bovengedeelte uit zuiver zink. Daaronder bevinden zich enige zink-ijzerlegeringslagen. De zinklaag is taai, de onderliggende zink-ijzerlegeringslagen zijn zeer hard, maar wel brosser. Daarom kan thermisch verzinkt staal over het algemeen niet sterk worden vervormd, tenzij de legeringslaag zeer dun is. Dit is het geval wanneer de verzinkbewerking snel verloopt, zoals bij continu-verzinken.

De verhouding tussen de zink-ijzerlegeringslaag en zuiver zink en de dikte van de totale zinklaag wordt vooral bepaald door de wanddikte van het staal, de samenstelling van het zinkbad en de eigenschappen van het staal. De wanddikte bepaalt voor een belangrijk deel de opwarmtijd in het zinkbad en heeft daarmee ook invloed op de zinklaag dikte.

Belangrijke toevoegingen aan thermische zinkbaden kunnen aluminium, nikkel, tin of bismuth zijn. Deze elementen remmen de reactie tussen gesmolten zink en ijzer, waardoor de legeringslaag dunner blijft. Het zinkbad bestaat dus meestal niet volledig uit zuiver zink. Altijd is hier ook een weinig ijzer in opgelost, dat afkomstig is van de wand van de zinkpan en van de verzinkte voorwerpen. Na verloop van tijd gaat het ijzer zich als een zink-ijzerlegering uitscheiden als naaldvormige kristallen, het zogenaamde hardzink, dat regelmatig door uitscheppen moet worden verwijderd. De eisen waaraan het zinkbad dient te voldoen liggen vast in de norm NEN-EN-ISO 1461, ook staan hierin de specificaties en beproevingsmethoden vermeld. Bij het continu-verzinken worden naast zuiver zink ook diverse zinklegeringen met aluminium en/of magnesium toegepast. Meer gedetailleerde informatie is terug te vinden in de NEN-EN-ISO 14713-2.

Daarnaast wordt de dikte van de legeringslaag beïnvloed door de staalsamenstelling. Vooral silicium (en in mindere mate fosfor) heeft een grote invloed. Een siliciumgehalte in het staal van 0,03 – 0,12% en > 0,23 % veroorzaakt een dikkere legeringslaag. Is echter veel silicium aanwezig, dan kan een zeer dikke legeringslaag ontstaan, waarop geen zuivere zinklaag ontstaat. Men spreekt dan van grijze, doorgegroeide zinklagen, die wel 400 µm dik kunnen zijn.

Thermisch vertinnen

Thermisch vertinnen werd vroeger op grote schaal gebruikt voor het vervaardigen van blik, dat is thermisch vertinde, dunne staalplaat. Blik wordt momenteel echter vrijwel uitsluitend langs elektroly-

Slimmer ontwerp en ketensamenwerking

Er is nog veel te winnen, bij een verkeerd ontwerp kan direct de veiligheid van de verzinkers in het geding zijn, maar bovendien worden de eindkwaliteit en de efficiënte productie sterk beïnvloed door het ontwerp van de te verzinken werkstukken. Door in het ontwerp van de staalconstructie onvoldoende aandacht te geven aan de ontluchtingsopeningen van de constructiedelen, kan vocht worden ingesloten. Dit kan tot (stoom)explosies van het werkstuk leiden, aangezien in de zinkpan snel wordt verhit boven de 450 graden. Daar moeten ontwerpers die te verzinken producten of halfabricaten maken, dus wel rekening mee houden. Ook helpt het soms enorm in de productie-efficiëntie als de ontwerper rekening heeft gehouden met het ophangen van de werkstukken aan de traversen van de bovenloopkranen. Zo kan in de keten veel gedaan worden aan veiligheid en kostenbeheersing. Rekenen we de materiaalselectie mee dan is er vaak winst te boeken wat betreft de zinkkwaliteit.

Aandachtspunten

Om ervoor te zorgen dat de onderdelen en constructies goed kunnen worden verzinkt, dient men rekening te houden met gewicht, afmeting, vormen van onderdelen en constructies, zoals:

- maximale gewicht;
- maximale afmetingen lengte x breedte x diepte (= hoogte);
- mogelijkheid van dubbeldip of een kanteldompeling;
- eenvoudige en/of efficiënte vormgeving.

Om te voorkomen dat onderdelen en constructies tijdens het dompelen in het vloeibare zink van circa 450 °C vervormen, is het noodzakelijk te denken aan:

- zoveel mogelijk symmetrisch ontwerpen; het zoveel als mogelijk toepassen van gelijke materiaaldikten;
- de grootte van wals-, vervormings- en richtspanningen (hoe minder spanning, des te beter!);
- een voldoende grootte van de in- en uitstroomopeningen, alsmede van de doorstroom- en ontluchtingsopeningen;
- een juiste samenstelling en lasvolgorde;
- de stijfheid van de constructie;
- het aanbrengen van verstijvingsstrippen bij grote open constructies en dunne platen.

tische weg vervaardigd. Men verkrijgt daarbij een dunnere (goedkopere) tinlaag. Thermisch vertinnen van staal wordt toegepast voor een verscheidenheid van voorwerpen, vooral die met levensmiddelen in aanraking komen. Toch neemt ook hiervan het toepassingsgebied af. Na de vertinde stalen melkbussen kwamen de aluminium melkbussen en thans worden algemeen gekoelde roestvast stalen melktanks gebruikt.
Belangrijk is het vertinnen van koperen voorwerpen, zoals draad, buis, kookgerei en vooral warmtewisselaars voor airconditioning-apparatuur. De lamellenblokken, die daarin voorkomen, worden vaak samengesteld uit koperen buis, waarop koperen lamellen worden geschoven. Door thermisch vertinnen krijgt men niet alleen een goede corrosieweerstand, maar bovendien wordt een volledige verbinding tussen de lamellen en de buis verkregen, waardoor een goede warmteoverdracht ontstaat.

Thermisch verloden en verlood-tinnen

Het thermisch verloden van staal, door dit onder te dompelen in gesmolten lood, is technisch niet mogelijk. Lood en staal vormen namelijk geen legering, zodat het lood niet in staat is het staal te bevochtigen. Door het toepassen van enige kunstgrepen is het wel mogelijk een lood-tinlegeringslaag met een zeer laag tingehalte (1 à 2 % tin) aan te brengen. Vaak laat men het staal eerst aanroesten, daarna wordt het schoongebeitst en op dit ruwe oppervlak wordt verlood. In de chemische industrie heeft men vaak apparaten nodig, die bedekt zijn met een chemisch zuivere loodlaag. Men verkrijgt deze door het proces van loodbranden dat is het oplassen van zuiver lood met behulp van een vlam. Het staal wordt na goede reiniging eerst vertind en vervolgens wordt lood in millimeters dikte opgelast. Meestal gebeurt dit in twee procesgangen, omdat de eerste loodlaag nog tinverontreinigingen bevat. In verband met ARBO-regels wordt het verloden nog zeer beperkt toegepast.

Thermisch aluminiseren

Het dompelen van staal in gesmolten aluminium is een proces dat in Nederland niet wordt toegepast. Er is wel geïmporteerde staalplaat in de handel, die met een thermisch aangebrachte aluminium laag is bedekt. Thermisch aangebrachte aluminiumlagen geven aan staal een goede weerstand tegen oxidatie bij hoge temperaturen en tegen de invloed van verbrandingsgassen. Toepassingen van dit materiaal vindt men daarom in rookgaskanalen, bij uitlaatsystemen voor auto's, ovenonderdelen enzovoort.

CE-markering

Zoals algemeen bekend wil de Europese Unie de handel tussen de EU-landen bevorderen door uniforme eisen te stellen. Dit betekent dat u als ontwerper een conformiteitsverklaring moet afgeven die in principe geldt voor alle constructies en onderdelen daarvan. De oppervlaktebehandeling heeft geen invloed op de conformiteitsverklaring, maar als er gaten moeten worden geboord, moet dat op de tekening worden aangepast. Gaten die niet op de tekening staan terwijl het bedrijf verklaart conform te zijn kunnen tot problemen leiden. Dus ook hier geldt dat intensief vooroverleg wenselijk is. Een ander punt van aandacht zijn herstelwerkzaamheden. Als een lasje loslaat, kunnen verzinkers dat niet meer herstellen zoals dit in het verleden gebruikelijk was. Reparatie mag alleen door gecertificeerde lassers worden uitgevoerd. Het werkstuk kan in dit geval niet mee in de oppervlaktebehandeling en moet eerst hersteld worden door het lasbedrijf.

Diffusielagen van metalen

Wanneer men twee metalen met elkaar in contact brengt en deze metalen verhit tot een temperatuur die nog beneden het smeltpunt ligt van het laagst smeltende metaal, kunnen zich atomen van beide metalen met elkaar vermengen. Men spreekt dan van diffusie van het ene metaal in het andere en omgekeerd. Er zijn diverse diffusieprocessen bekend. Sommige daarvan zijn gewenst omdat men dan geschikte diffusielagen kan verkrijgen, andere zijn ongewenst.

Sherardiseren

Het diffunderen van zink in een stalen ondergrond wordt sherardiseren genoemd. Bij dit proces worden stalen voorwerpen samen met zinkpoeder en zand- of korundkorrels in een gesloten trommel gebracht, en daarin verhit tot een temperatuur juist onder het smeltpunt van zink, hoger dan 350 °C. De trommel, meestal uitgevoerd als een draaiend retort, moet geheel gesloten zijn om oxidatie van het zink te voorkomen. In tegenstelling tot andere verzinkmethoden

kunnen complexe vormen uit verenstaal, hogesterkte staal, gietijzer, smeedmetaal en sintermetaal gesherardiseerd worden. Het metaal wordt vooraf door staalstralen gereinigd. Sherardiseerlagen zijn grijs en stroef en ze geven een goede corrosiewering, vergelijkbaar met andere zinkbedekkingen. Sherardiseren wordt behalve als bevestigingsmateriaal en machine onderdelen toegepast in bruggen- en mijnbouw voor tandwielen, harpsluitingen, borgpennen en assen en voor giet- en smeedwerk in speciale legeringen.

Chromeren
Chromeren, het inbrengen van een chroomlaag in staal, wordt uitgevoerd door het thermisch ontleden van gasvormige chroomverbindingen, waardoor een zeer corrosie vaste laag ontstaat die enige tiende millimeters dik is. Voor dit proces wordt ook vaak het Duitse woord 'inchromieren' gebruikt. Naast een goede chemische weerstand krijgt men ook een grote oxidatieweerstand, vandaar de toepassing van gechromeerde onderdelen in branders.

Diffusiemolybdeenlagen
Diffusiemolybdeenlagen worden op soortgelijke wijze verkregen als chromeerlagen. Door het inbrengen van molybdeen stijgt de weerstand van staal tegen de inwerking van zuren. Het proces wordt weinig toegepast.

Caloriseren
Wanneer men aluminiumlagen op staal, opgespoten, galvanisch opgebracht of thermische aluminiumlagen, een warmtebehandeling bij hoge temperatuur geeft, ontstaat een ijzer-aluminiumlegeringslaag die aan het oppervlak oxideert. Het gevormde aluminiumoxide geeft een goede bescherming tegen verdere oxidatie. Het proces wordt wel aangeduid met de naam caloriseren.

Diffunderen van niet-metalen
Diverse niet-metalen kunnen in een metalen oppervlak diffunderen, waarbij de eigenschappen van de oppervlaktelaag soms belangrijk kunnen worden veranderd.

Carboneren
Carboneren is het inbrengen van koolstof in het staaloppervlak. Bij carboneren ontstaat een opgekoolde laag met een dikte van 0,5 à 1 mm die, in tegenstelling tot het basismateriaal, kan worden gehard. Aansluitend aan het carboneren zal men daarom als regel een hardingsbewerking uitvoeren.

Nitreren
Nitreren is het inbrengen van stikstof in het staaloppervlak. De beste resultaten verkrijgt men met nitreerstalen, die onder andere aluminium bevatten. Bij nitreren ontstaan zeer harde, slijtvaste lagen die maar enige tiende millimeters dik zijn. Men vindt toepassingen in apparaten- en instrumentonderdelen, plunjers voor brandstofpompen van dieselmotoren en dergelijke. De bekendste nitreermethode is gasnitreren, waarbij men werkt in een omgeving van ontledend ammoniakgas. Nitreren in een zoutbad is geen zuivere nitreerbewerking; deze techniek wordt hieronder besproken bij carbonitreren. Een nieuwe en steeds meer toegepaste techniek is ionitreren, waarbij men in vacuüm door het beschieten van stalen werkstukken met stikstofionen zeer zuivere nitreerlagen verkrijgt met de hoogst bereikbare hardheid van alle nitreerprocessen.

Carbonitreren
Carbonitreren is het gelijktijdig inbrengen van stikstof en koolstof in het metaaloppervlak. Het proces is eigenlijk een aangepast carboneerproces, want de toegevoegde stikstof dient alleen voor het veranderen van de hardingseigenschappen van het gecarboneerde staal. Carbonitreren wordt zowel in een zout bad als in een gasstroom uitgevoerd.

Zachtnitreren
Zachtnitreren lijkt op carbonitreren en is een bewerking die wordt uitgevoerd in een zoutsmelt en waarbij naast veel stikstof ook koolstof in het staaloppervlak wordt gebracht. Hierdoor ontstaat een nitreerlaag die in eigenschappen sterk afwijkt van zuivere nitreerlagen. De laag is beter bestand tegen slagbelasting, maar de slijtvastheid is minder groot.

Sulfineren
Sulfineren, waarvoor ook andere namen worden gebruikt, is het inbrengen van zwavel in het staaloppervlak met het doel de wrijvingseigenschappen op het oppervlak te verbeteren. Het staal gaat bij wrijving minder gemakkelijk vreten. Het proces dient vooral voor gereedschappen. Het wordt weinig toegepast.

Siliceren
Siliceren is het inbrengen van silicium in het staaloppervlak. Het dient vooral voor het verkrijgen van een vergrote weerstand tegen de inwerking van zwavelzuur. Het proces wordt in kisten uitgevoerd, waarbij staal wordt ingepakt in ferrosilicium en waarbij vluchtige siliciumverbindingen een rol spelen, evenals bij het hiervoor beschreven chromeren het geval is.

Boreren
Boreren is het verkrijgen van boriumlagen die door diffusie worden ingebracht. Het wordt een enkele keer toegepast voor speciale doeleinden. Men verkrijgt een grote chemische weerstand.

www.vereniging-ion.nl

www.zinkinfobenelux.com