

# Warmtebehandelingen van gas tot inductie

EEN WARMTEBEHANDELING HEEFT TOT DOEL OM PROBLEMEN ALS GEVOLG VAN HET LASSEN TE VOORKOMEN OF OP TE HEFFEN. IN DIT ARTIKEL WORDEN DIVERSE SYSTEMEN BESPROKEN OM EEN WARMTEBEHANDELING UIT TE VOEREN. TWEE VERVOLGARTIKELEN GAAN DIEPER IN OP WARMTEBEHANDELINGEN IN DE DAGELIJKSE LASPRAKTIJK.

door Pieter Keultjes

Lassen kan een nadelige invloed hebben op de eigenschappen van materialen. Om problemen als gevolg van het lassen te voorkomen, moet vaak een warmtebehandeling worden toegepast. Er zijn verschillende soorten warmtebehandelingen, die elk hun eigen toepassing kennen. De warmtebehandelingen hebben met elkaar gemeen dat ze een positieve invloed hebben op de mechanische eigenschappen van de gelaste materialen. Een warmtebehandeling verloopt altijd volgens een bepaald programma: het werkstuk wordt verhit; gedurende een bepaalde tijd wordt het op de verhoogde temperatuur gehouden; tot slot wordt het weer afgekoeld.

## Soorten warmtebehandelingen

Zoals gezegd zijn er verschillende soorten warmtebehandelingen, elk met hun eigen doel. Het voorwarmen van een werkstuk (voor het lassen) dient om te voorkomen dat er grote inwendige spanningen ontstaan, of dat er door te snelle afkoeling harding optreedt in de warmte-beïnvloede zone. Voorwarmen heeft ook een positief effect op het verminderen van de restspanningen die door krimp in het werkstuk ontstaan. Waterstofarm gloeien wordt vaak vlak na het lassen uitgevoerd om scheuren te voorkomen. Deze scheuren kunnen ontstaan door een te hoge concentratie waterstof in combinatie met een scheurgevoelige harde structuur en inwendige spanningen in de warmte-beïnvloede zone of las. Een andere warmtebehandeling is spanningsarm gloeien. Deze heeft tot doel het verminderen van inwendige spanningen die ontstaan zijn door lassen of koud vervormen. Normaliserend gloeien wordt toegepast om een inhomogene, grofkorrelige structuur te verbeteren, en oplossend gloeien dient om in het materiaal aanwezige uitscheidingen op te lossen en zo een homogene structuur te verkrijgen.

## Apparatuur voor warmtebehandelingen

Voor de uitvoering van de diverse warmtebehandelingen zijn er verschillende apparaten of installaties te gebruiken. Warmtebehandelingen zoals normaliserend en oplossend gloeien worden hoofdzakelijk uitgevoerd in stationaire ovens.

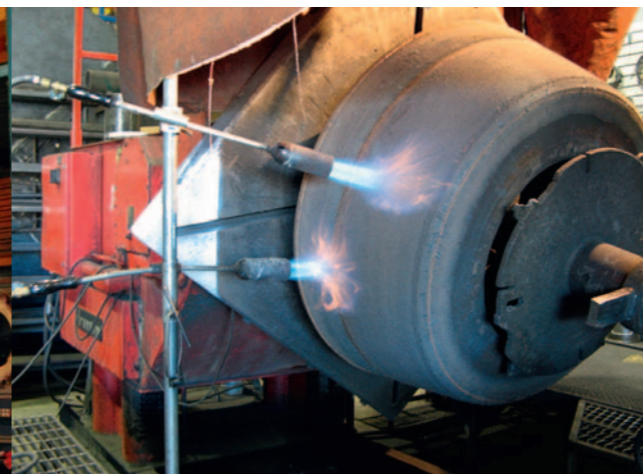


Voor het voorwarmen is verwarming door middel van gasbranders een traditionele methode die slechts een lage investering vraagt. Deze eenvoudige methode heeft echter een aantal nadelen: de brandstofkosten zijn hoog; de open vlam verhoogt het risico op brand; de temperatuurstijging van het werkstuk verloopt ongecontroleerd en de oppervlaktetemperatuur wordt zeer hoog. Ook leveren de branders veel warmtestraling naar de omgeving. Gasverwarming heeft hierdoor een laag rendement en bovendien ontstaat er door de branders veel lawaai.

Inmiddels zijn er goede alternatieven voor gasverwarming beschikbaar. Zo zijn er de bekende 'matjes' waarmee verwarmd wordt op basis van weerstandsverwarming. Dit systeem heeft als voordeel dat de warmtetoevoer veel beter controleerbaar is. Hiervoor brengt men thermokoppels aan en beschikt moderne apparatuur over een elektronische regeling. Het temperatuurbereik is groot: er kan verwarmd worden tot circa 1050 °C. Verder is er een grote mate van flexibiliteit: de matjes zijn verkrijgbaar in vele maten en vormen. Weerstandverwarming is geschikt voor alle materialen, ook corrosievast staal en aluminium. De methode is geschikt voor het verwarmen van kleine tot middelgrote werkstukken en is flexibel inzetbaar voor het uitvoeren van voorwarmen en warmtebehandelingen na het lassen.

Weerstandverwarming kent echter ook een aantal nadelen. De warmteoverdracht verloopt relatief traag; het aanbrengen van de matjes en de noodzakelijke isolatie is tijdrovend en ook bij deze methode kan de oppervlaktetemperatuur hoog oplopen.

Onder:  
Warmtebehandeling in een stationaire oven (links)  
en door middel van gasbranders

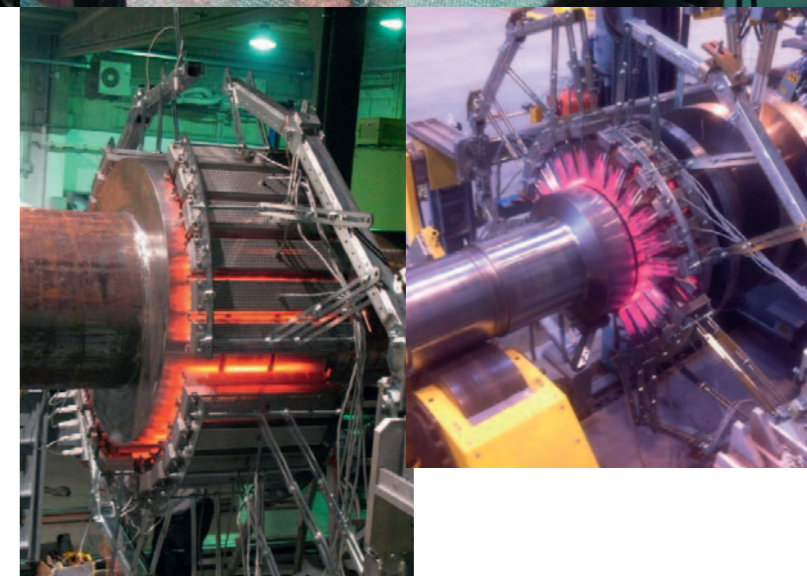
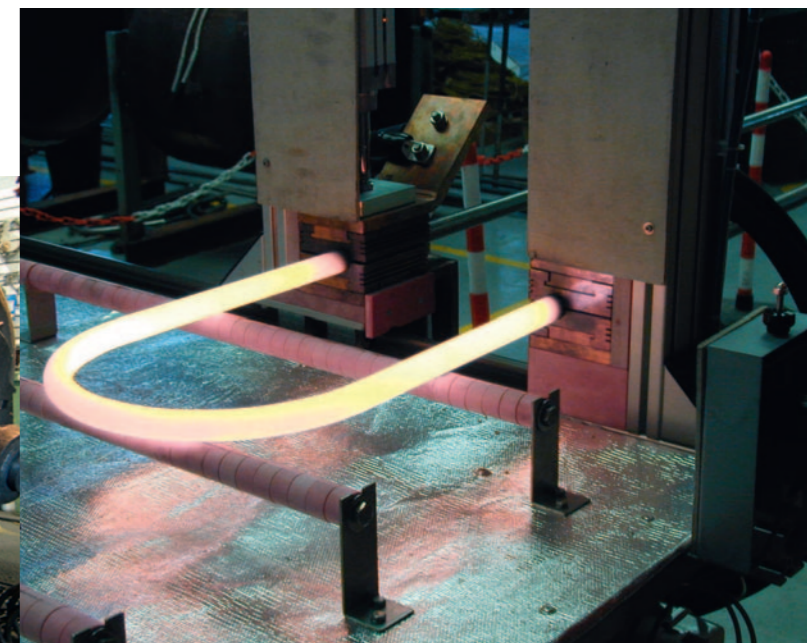


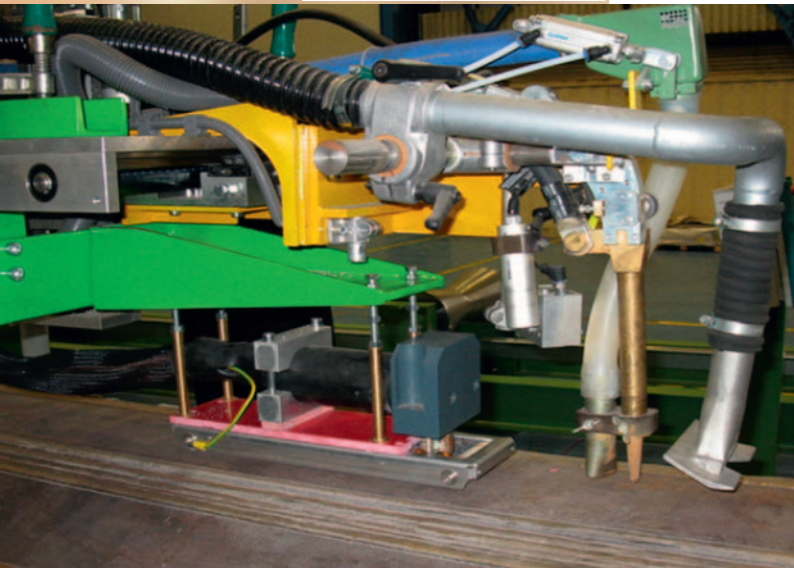
Foto's rechts:  
Joule effect (boven) en twee opstellingen waarbij  
wordt verwarmd met behulp van infrarood

Een andere methode is verwarming door middel van infraroodstraling. Bij infrarood verwarming wordt voornamelijk gebruikt gemaakt van straling om warmte over te brengen. Een deel van de energie wordt via convectie en geleiding overgebracht. Dit is een goed alternatief voor het voorwarmen van complexe werkstukken. De apparatuur is eenvoudig te installeren en de temperatuurverhoging is goed controleerbaar. Vergeleken met weerstandsverwarming is de methode twee tot drie keer sneller, maar de maximale temperatuur is beperkt tot circa

## Joule-effect

Joule-effect is het verwarmen van een elektrisch geleidend werkstuk, door er een zeer hoge stroom met een lage spanning doorheen te laten vloeien. De eigen elektrische weerstand van het werkstuk verwarmt het werkstuk. Deze vorm van verwarming wordt gebruikt voor spanningsarm gloeien en voor het verminderen van de hardheid in stalen buizen na koud buigen (koolstofstaal, laaggelegeerd chroom-molybdeenstaal, ferritisch corrosievast staal, martensitisch en ferritisch-martensitisch staal bij een temperatuur van 600- 700 °C). Ook kan deze methode worden gebruikt voor het oplossend gloeien bij temperaturen boven 1000 °C (corrosievast staal, duplex of superduplex staal of speciale nikkellegeringen). Hiermee wordt de oorspronkelijke ductiliteit en corrosieweerstand na koud buigen hersteld. De machine kan een gebogen buisdeel snel en gelijkmatig verwarmen door de pijp mechanisch in te spannen, waarbij de klemmen aan beide zijden tegelijkertijd functioneren als aansluiting van de stroombron.





### Inductieverwarming

Een tegenwoordig veelvuldig toegepaste methode is inductieverwarming. Inductieverwarming maakt gebruik van de overdracht van elektrische energie door middel van inductie van een spoel of speciale kabel in een (ferro)magnetisch werkstuk. Een hoogfrequente wisselstroom loopt door de spoel of kabel en wekt een snel wisselend magnetisch veld op. Dit magnetisch veld genereert wervelstromen in het werkstuk en warmte ontstaat doordat deze wervelstromen weerstand ondervinden van het materiaal (I<sup>2</sup>R-verwarming).

Zonder dat er direct contact is tussen de spoel en het werkstuk, zorgen de wervelstromen dat er heel precies, net onder het oppervlak, warmte wordt opgewekt. De spoelen en kabels zelf worden hierbij zelf niet warm. De maximale warmte ontstaat juist onder het metaaloppervlak. Deze warmte wordt door convectie verder door het werkstuk verspreid.

Er zijn twee soorten inductiesystemen, namelijk luchtgekoelde en watergekoelde systemen. Het luchtgekoelde systeem maakt verwarming tot 200 °C mogelijk en is daardoor alleen in te zetten voor het voorwarmen van werkstukken. Dit werkt met speciale matten, ook wel 'blankets' genoemd, die op maat gemaakt zijn en daardoor optimaal afgesteld zijn op de juiste pijpdiameter. Daarnaast kunnen deze matten ook eenvoudig op vlakke plaat gebruikt worden.

Watergekoelde systemen kunnen het werkstuk, afhankelijk van zijn samenstelling, verwarmen tot ca. 800 °C. Een isolatiedeken onder de kabel beschermt deze tegen verbranden. Het magnetisch veld dringt door de isolatie heen en verwarmt zo het werkstuk. Deze systemen kunnen gebruikt worden voor voorwarmen, waterstofarm gloeien en spanningsarm gloeien.

De ontwikkeling van inductiesystemen gaat steeds verder. Digitale temperatuurrecorders gekoppeld aan het systeem

Linksboven wordt voorverwarmd met een 'running inductor' tijdens het OP-lassen van 30 mm plaat op 150 °C met een lassnelheid van 120cm/min

Rechtsboven een voorbeeld van het voorverwarmen met een watergekoelde installatie van funderingen voor windturbines.

helpen op een eenvoudige manier bij de controle en registratie van de temperatuur en gewenste warmtebehandeling. De nieuwste ontwikkelingen zijn gericht op installaties die gebruik maken van speciale inductoren met een specifieke vorm, waarmee men zeer gericht kan verwarmen. Voorbeelden zijn inductoren voor het strekken en richten van gelaste constructies of plaatvelden, en inductoren die voor een OP-laskop (onderpoederlaskop) geplaatst kunnen worden en met de lassnelheid het werkstuk op de juiste voorwarmtemperatuur brengen. Het grote voordeel is dat er bij dit principe 'in line' verwarmd wordt. Daarmee behoren lange wachttijden voor het voorwarmen tot het verleden. De inductoren kunnen aan de naadvorm worden aangepast en er zijn grote besparingen te realiseren in combinatie met een zeer betrouwbare en reproduceerbare methode.

### Interessante alternatieven

Al met al zijn er voldoende interessante alternatieven voor de traditionele gasbrander. Moderne methoden die de veiligheid en productiviteit verhogen doordat het werkstuk aanzienlijk sneller en nauwkeurig de gewenste temperatuur bereikt, oververhitting wordt voorkomen, een betrouwbare registratie mogelijk wordt en bespaard wordt op energiekosten door het verbeterde rendement. Bovendien zijn deze moderne systemen lasservriendelijk doordat er aanzienlijk minder omgevingsstraling en geluid optreedt.

Een vervolg op dit artikel verschijnt in de zomereditie van Lastechniek.

Pieter Keultjes is Technical Manager bij ITW Welding Products BV te Oud-Beijerland.