

# Krimpvervorming - Verschijningsvormen en oorzaken



Figuur 1: Doordieping (bukkeling) van de staalplaat tussen de verticale en horizontale verstijvingsprofielen ten gevolge van laskrimp is duidelijk zichtbaar in de boeg van dit schip.

## Waarom wordt vervorming veroorzaakt?

Omdat lassen gepaard gaat met sterke plaatselijke verhitting van laskanten teneinde deze meestal met behulp van toevoegmateriaal samen te smelten, ontwikkelen zich in de constructiedelen spanningen van verschillend niveau ten gevolge van de thermische uitzetting- en krimpverschijnselen. Aanvankelijk worden drukspanningen opgewekt in het omringende koude materiaal als gevolg van de uitzetting van het verhitte materiaal aangrenzend aan het smeltbad.

Tijdens de afkoeling zullen zich echter trekspanningen ontwikkelen, doordat de krimp van het lasmetaal in de warmte-beïnvloede zone (WBZ) wordt verhinderd door het aangrenzende koude bulkmateriaal. De grootte van de thermische spanningen die zo in het materiaal worden opgewekt kan worden afgeschat aan de hand van de volumeverandering in de lasdoorsnede tijdens de stolling en de daaropvolgende afkoeling tot kamertemperatuur.

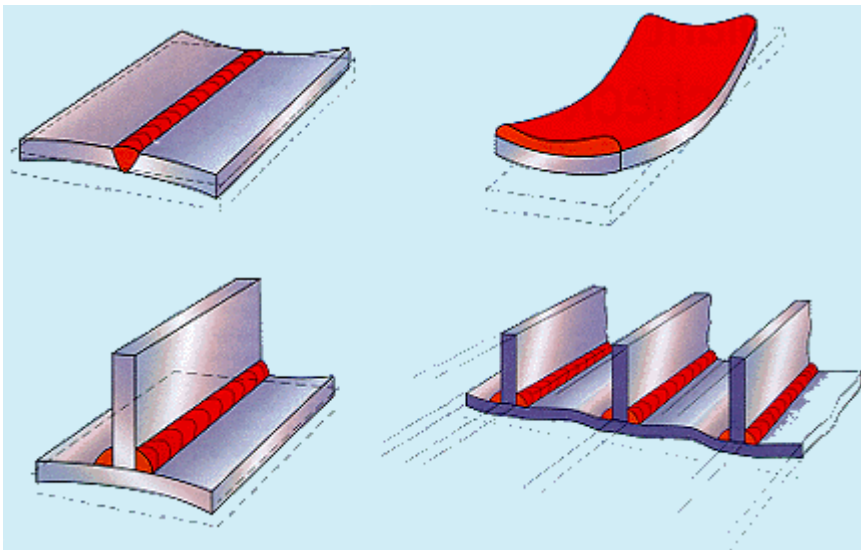
Bij het lassen van ongelegeerd staal bijvoorbeeld zal het lasvolume tijdens de stolling ca. 3% kleiner worden (stollingskrimp) terwijl de gehele WBZ nog eens ca. 7% in volume afneemt tijdens de afkoeling tot kamertemperatuur. Als de spanningen door thermische uitzetting of krimp de vloeigrens van het basismateriaal overschrijden zal plaatselijk daarin plastische (blijvende) vervorming optreden. Deze plastische vervorming veroorzaakt een permanente verandering in de afmetingen van de componenten en leidt daardoor tot vervorming van de constructie.

## Wat zijn de belangrijkste verschijningsvormen van krimpvervorming?

Vervorming treedt in 6 hoofdvormen op:

- Langskrimp
- Dwarskrimp
- Hoekverdraaiing
- Doorbuiging/doordieping
- Knikken/zijdelings uitbuigen
- Torsie.

De belangrijkste kenmerken van de meer algemene vormen van krimpvervorming bij stompe naden en hoeklassen worden weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: De verschillende verschijningsvormen van vervormingen als gevolg van laskrimp in gelaste plaatvelden.

Krimp van las en WBZ tijdens de afkoeling na het lassen resulteert zowel in langs- als dwarskrimp. Ongelijkmatige krimp in dikte richting veroorzaakt daar bovenop nog hoekverdraaiing.

Zo zal bijvoorbeeld in een eenzijdige gelaste V-naad de eerste laag (grondlaag) langs- en dwarskrimp veroorzaken en hoekverdraaiing. De tweede laag doet vooral de hoekverdraaiing verder toenemen waarbij de eerste laag als scharnierpunt fungeert. Vandaar dat symmetrisch lassen in een X-naad of K-naad kan worden toegepast om gelijkmatiger krimp te bewerkstelligen en vooral hoekverdraaiing te beperken.

Overeenkomstig zal de ongelijkmatige krimp in een enkele hoeklas hoekverdraaiing van het staande been veroorzaken. Dubbele hoeklassen kunnen de hoekverdraaiing van het staande been en belangrijke mate helpen voorkomen, maar omdat elk van die hoeklassen slechts aan één zijde van de liggende plaat wordt gelegd zal daarin nog wel steeds hoekverdraaiing optreden (zie figuur 1).

Langsbuiging in gelaste platen treedt sterker op naarmate het hart van de las een grotere afstand heeft tot de neutrale as van de plaat en de langskrimp in de las daardoor meer in staat is om de plaat te buigen. Zo zal het oplassen van een plaat

door de optredende langs- en dwarskrimp van de lasrupsen aan boven zijde van het plaatoppervlak de opgelaste plaat schotelvormig doen vervormen. Een dergelijke doordieping of bukkeling treedt ook op in verstijfde plaatvelden tussen de verstijvingsprofielen. Dit wordt veroorzaakt door de hoekverdraaiing in het plaatvlak waar de verstijvingsprofielen met dubbele hoeklassen aan het plaatvlak zijn bevestigd (zie figuur 1).

In dunne plaat kunnen drukspanningen over grotere lengte elastische uitknikking veroorzaken resulterend in uitbulten, golving en ribbelvorming. Dit soort elastische vervormingen is onstabiel; als je tracht zo'n vervormde plaat te vlakken springt de vervorming vaak over naar de andere zijde (klik-effect).

Torsie in doosvormige constructies wordt veroorzaakt door schuif-vervorming in de gelaste hoekpunten. Dit wordt veroorzaakt door de ongelijke thermische uitzetting in langrichting van de aanliggende hoekpunten. Vergroting van het aantal hechtlassen zal deze schuifvervorming helpen beperken en daarmee ook de torsie in de gelaste constructie.

## Hoeveel krimp-toeslag moet er toegepast worden?

Het is bijna onmogelijk om de krimp nauwkeurig te berekenen of te voorspellen. Desalniettemin is een vuistregel opgesteld gebaseerd op de lasdoorsnede. Bij het lassen van staal moeten de volgende toeslagen worden aangehouden bij het samenstellen van de constructie:

### Dwarskrimp:

**Hoeklassen:** 0,8 mm per hoeklas als de a-hoogte kleiner is dan de halve plaatdikte.

**Stompe naden:** 1,5-3 mm per las voor een 60 V-naad (= ca. de vooropening).

### Langskrimp:

**Hoeklassen:** 0,8 mm per 3 mtr. laslengte

**Stompe naden:** 3 mm per 3 mtr. laslengte.

Vergroting van de a-hoogte bij hoeklassen of de vooropening bij stompe naden vergroot de krimpvervorming.

## Wat zijn de invloedsfactoren op krimpvervorming?

Als een materiaal homogeen en gelijkmatig wordt opgewarmd en vervolgens wordt afgekoeld zal er hoegenaamd geen vervorming optreden.

Echter bij het lokaal verhitten van materiaaldelen die ingeklemd zitten tussen omringend koud metaal zullen thermische spanningen gaan optreden die de vloeigrens overschrijden waardoor blijvende vervorming het eindresultaat is.

De belangrijkste factoren die de aard en de mate van deze vervorming beïnvloeden zijn:

- de eigenschappen van het basismateriaal
- de mate van inklemming of de weerstand van de omgeving
- de lasnaadvorm
- de wijze van opspannen en samenbouwen
- de lasprocedure en volgorde.

## **De materiaaleigenschappen**

De eigenschappen van het basismateriaal die de krimpvervorming beïnvloeden zijn de uitzettingscoëfficiënt en de soortelijke warmte. Daar vervorming wordt veroorzaakt door uitzetten en krimpen van het materiaal speelt de uitzettingscoëfficiënt een belangrijke rol in de verdeling van de thermische spanningen als gevolg daarvan en dus ook in de aard en mate van de vervorming. Zo zal roestvast staal door z'n hogere uitzettingscoëfficiënt relatief meer krimpvervorming vertonen.

## **Krimpverhindering**

Als een component wordt gelast zonder enige vorm van uitwendig opspannen of inklemmen zal deze vervormen onder invloed van de ontwikkelde thermische spanningen die daarbij ook deels worden opgeheven.

Daarom kunnen methoden van krimpverhindering door opspannen of inklemmen dan ook effectief zijn in het voorkomen of beperken van vervorming. Omdat krimpverhindering hogere spanningen in het materiaal te weeg brengt bestaat er wel een groter risico op scheurvorming in het lasmetaal en de WBZ in daarvoor gevoelige materialen.

## **Lasnaadvorm**

Zowel stompe naden als hoeklassen zijn onderhevig aan vervorming. In stompe lasverbindingen kan de krimpvervorming worden gereduceerd door het toepassen van lasnaadvormen die de thermische spanningen symmetrisch doen verdelen in plaatdikte richting. Tweezijdig gelaste naden, zoals X- en K-naden of dubbele kelknaden verdienen in dat opzicht dan ook de voorkeur boven enkelzijdig te lassen naden.

Dubbele hoeklassen voorkomen of verminderen de hoekverdraaiing van het staande been, temeer als deze hoeklassen gelijktijdig worden gelast.

## **Stellen van de naden en onderdelen**

Het stellen van de naden dient zorgvuldig en met hoge mate van symmetrie te worden uitgevoerd om tot voorspelbare en beheersbare krimpvervorming te komen. Overmatige vooropeningen kunnen de mate van vervorming ongunstig beïnvloeden door de grotere hoeveelheid lasmetaal c.q. aantal lagen dat voor vulling van de naad nodig is; deze moeten derhalve vermeden worden. De naden moeten op een juiste wijze worden gehecht om zoveel mogelijk krimpverhindering door de aangrenzende onderdelen te bewerkstelligen.

## Lasprocedure

De lasprocedure beïnvloedt de mate van vervorming in hoofdzaak door het aantal lagen en de warmte-inbreng die er mee samenhangt. Aangezien een lasprocedure meestal vooraf wordt gekozen of voorgeschreven op grond van vereiste kwaliteit of gewenste productiviteit, heeft de lasser tijdens de uitvoering weinig invloed meer om in dat kader de vervorming te beperken. Als algemene regel geldt bij het opstellen van de lasprocedure dat de naadinhoud zo klein mogelijk en de symmetrie zo groot mogelijk moet worden gekozen. Ook zal de lasvolgorde en het lasproces erop gericht moeten zijn om evenwicht te bewerkstelligen in de thermische spanningen t.o.v. de neutrale lijn van de lasconstructie.

---

*Deze aflevering in de rubriek 'Laskennis opgefrist' is een bewerking van 'Job Knowledge for welders Part 33' uit TWI Connect door Co van der Goes, geactualiseerd eind 2008.*

## Inlichtingen

Nederlands Instituut voor Lastechniek  
Boerhaavelaan 40  
2713 HX Zoetermeer  
Website: [www.nil.nl](http://www.nil.nl)  
e-mail: [info@nil.nl](mailto:info@nil.nl)

Informatie en advies van het NIL wordt verstrekt in goed vertrouwen en is gebaseerd op de huidige stand der technische kennis. Er kan geen garantie verleend worden aan de resultaten of effecten door toepassing van de informatie van deze website. Ook kan er geen verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid geaccepteerd worden voor iedere vorm van verlies of schade .