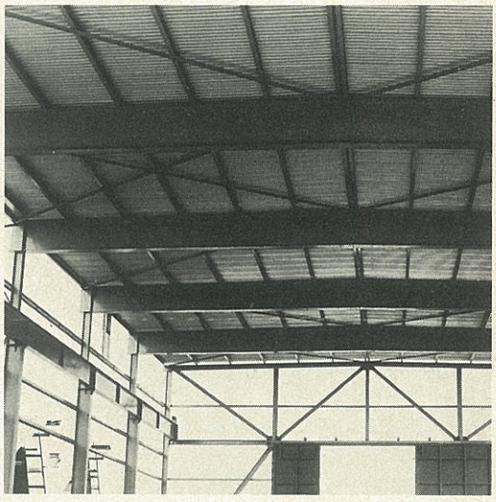
Gelaste plaatliggers

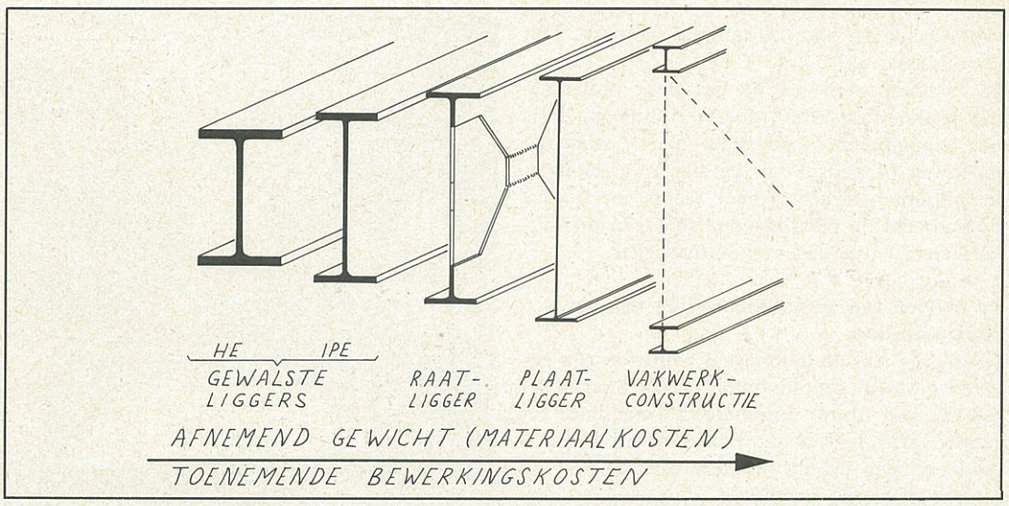
door ir. A. R. J. Timmermans
Nederhorst Staal – Gorinchem

Plaatliggers zijn balken die zijn gemaakt van aan elkaar gelaste platen. Ze bieden in bepaalde overspanningen en bij bepaalde belastingen voordelen ten opzichte van gewalste of anders samengestelde liggers. Naast dit economisch belastinggebied zijn er de fabrikage-eisen die zich vooral toespitsen op het procede van lassen. Het is zaak voor de constructeur daarvan en van de materiaalkwaliteit voor de liggers te weten. En het is niet slecht dat ook de ontwerpers wat richtlijnen kennen.



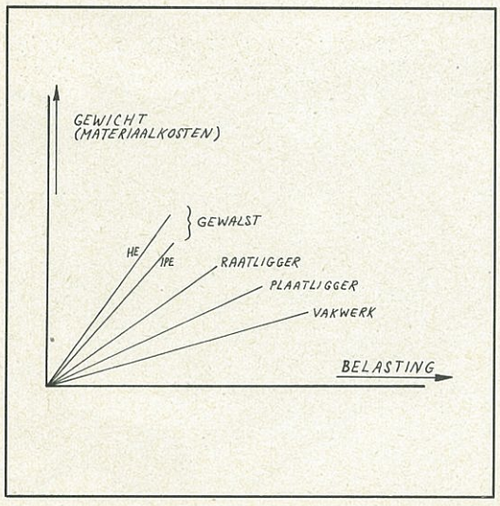
1

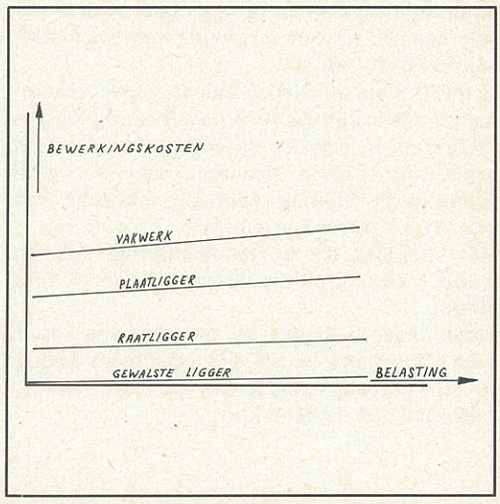
Wanneer zijn plaatliggers economisch?
Vergelijkt men de in de staalbouw gebruikte liggertypen, dan komen bij opklimmende belasting achtereenvolgens de volgende uitvoeringen in aanmerking:
- gewalste liggers (HE en IPE)
- raatliggers (honingraat-, Litzka- of wafeltjesliggers)
- plaatliggers (afb. 1) en
- vakwerkliggers.



2

In afb. 2 staan de liggers van links naar rechts gerangschikt naar opklimmende bewerkingskosten en naar dalend materiaalverbruik. Dat wil zeggen: voor een gegeven belastingsgeval is een gewalste ligger het zwaarst, maar brengt geen bewerkingskosten mee. Daarentegen is de bewerking van een vakwerkligger het duurst, doch deze zal het lichtst in gewicht zijn.
Afb. 3 en 4 tonen in grote lijnen het verloop van materiaalkosten en bewerkingskosten als functie van de belasting.
De totale prijs van elke ligger bestaat uit materiaalkosten plus bewerkingskosten, zodat uit afb. 5 te zien valt dat er voor elk liggertype een economisch belastingsgebied bestaat.





3, 4

Invloed van wijzigingen van loon- en materiaalkosten
Zolang de verhouding tussen loon- en materiaalkosten ongewijzigd blijft, verandert er niets aan de liggerkeuze. In werkelijkheid verandert deze verhouding echter voortdurend. Oudere lezers kunnen zich wellicht de tijd nog herinneren, dat de gemiddelde uurverdienste evenveel bedroeg als de prijs van een halve kg staal. Thans is de prijs van een gelijke arbeids-

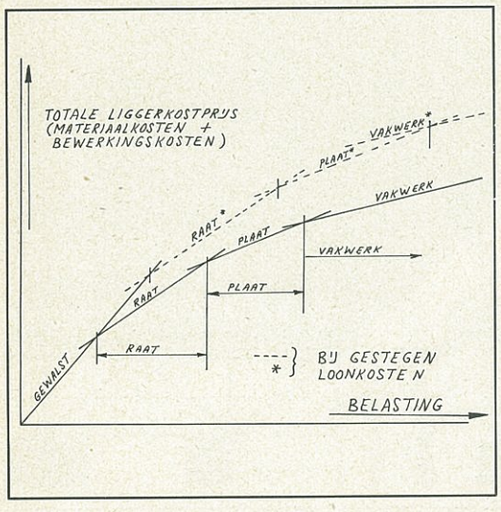
1 Dakconstructie bestaande uit plaatliggers. Overspanning 30 m. Liggerhoogte verlopend van 1,40 m (uiteinden) tot 1,60 m (midden). Flenzen en lijfplaten zijn 10 mm dik. Ook de kolommen en kraanbanen bestaan uit gelaste profielen.
2 Liggertypen
3 Materiaalkosten
4 Bewerkingskosten
5 Economische vergelijking van de liggertypen van afb. 2
6 Marktverbreding door automatisering van de produktie
7 Geautomatiseerde fabricage van plaatliggers
a. stralen van het plaatmateriaal
b. gemechaniseerd intern transport
c. snijden van lijven en flenzen
d. samenstellen en lassen (hoeklassen)
e. afwerken van plaatligger met continue zeeg

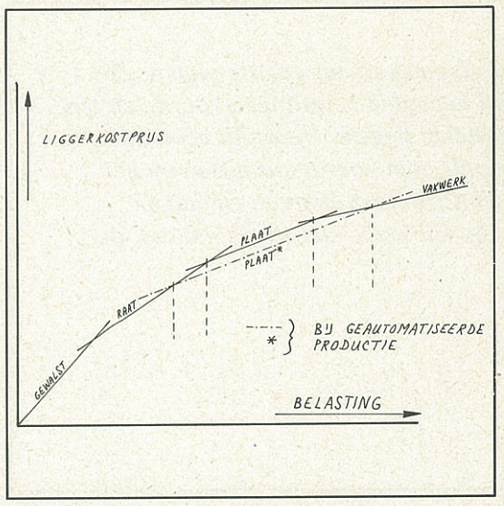
Toekomst; opkomst van de plaatligger

Uit het bovenstaande valt af te leiden, dat het toepassingsgebied van plaatliggers steeds groter zal worden. Deze ontwikkeling wordt ten onrechte geremd door de volgende factoren:

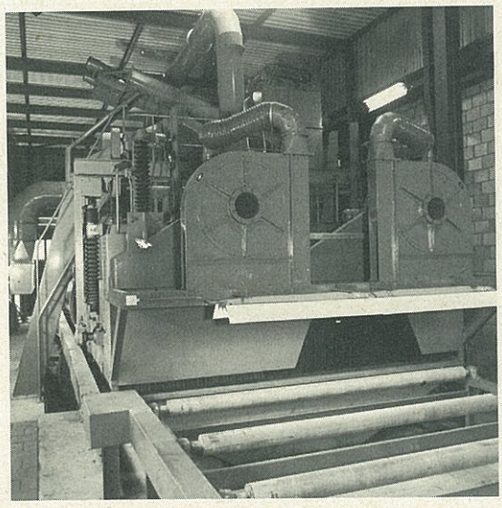
- Automatische fabricage wordt nog weinig toegepast
- Onjuiste dimensionering,
  Te geringe liggerhoogte. Dit wordt veroorzaakt door de geringe liggerhoogte waaraan men bij het gebruik van gewalste HE profielen gewend geraakt is.
  Onnodig grote lijfdikte.
  Te smalle en te dikke flenzen.
- Veel te dure 'aankleding'. Nog steeds worden plaatliggers voorzien van zogenaamde plooischotjes die peperduur zijn en die overigens de plooi in het geheel niet verhinderen.

5





6, 7



prestatie tot die van 15 kg staal gestegen. Het 30-voudige!

Het behoeft geen betoog dat deze ontwikkeling de lijnen uit afb. 5 doet verschuiven, zoals met stippellijnen is aangegeven. Bij stijgende uurkosten (uitgedrukt in kg staal) verschuiven de snijpunten in afb. 5 naar rechts en zo wint bijvoorbeeld de plaatligger terrein van de vakwerkligger en verliest van de raatligger.

De invloed van de automatisering van het fabricageproces

Bij stijging van de loonkosten wordt op een gegeven moment een stadium bereikt waarin het gebruik van (dure) automatische machines tot dezelfde prijs leidt als fabricage met de hand.

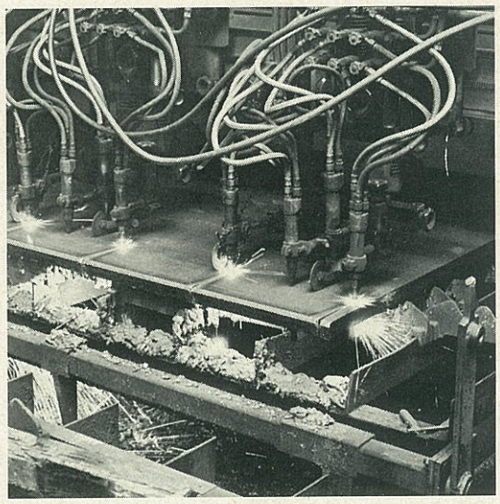
Wanneer men op dat moment overschakelt op geautomatiseerde produktie, dan zullen daarna de fabricagekosten in langzamer tempo stijgen, hetgeen tot een vergroting van het marktaandeel leidt (afb. 6).

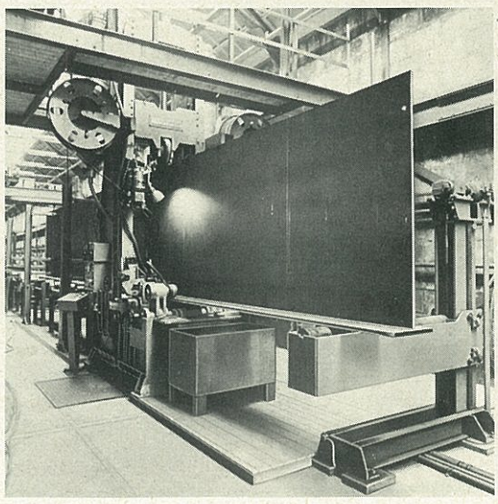
In 1970 werd in Nederland de eerste geautomatiseerde installatie voor de vervaardiging van raatliggers in gebruik genomen, terwijl in het begin van 1971 in Nederland een zeer goed geoutilleerde fabriek voor de fabricage van plaatliggers gereed kwam (afb. 7 a t/m e).

Het voordeel, dat de automatisering oplevert wordt steeds groter naarmate de loonkosten stijgen.

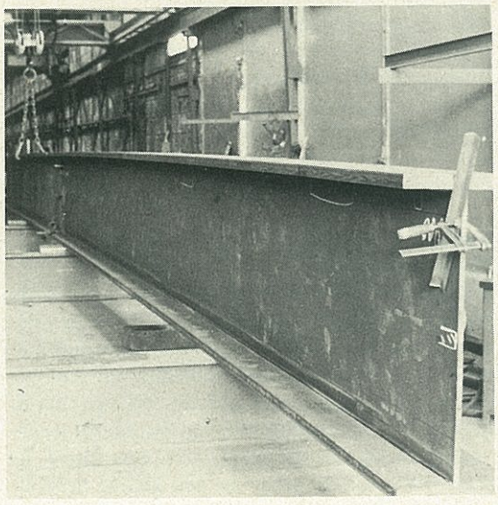
Reeds thans bedragen de vervaardigingskosten van plaatliggers in een gespecialiseerd bedrijf in vele gevallen minder dan de helft van wat fabricage met de hand kost.

7b,





7d



– Verschillende ingewortelde gebruiken. Bijvoorbeeld menen velen dat de flenzen 'om lastechnische redenen' dikker zouden moeten zijn dan het lijf. Dit soort beweringen, waarvoor niemand een goede verklaring heeft, blijken een hardnekkig leven te leiden.

Bijzondere vermelding verdient de zogenaamde verbondconstructie (of verbandconstructie, staalbetonconstructie, composite construction, Verbundkonstruktion), die zich in een sterk stijgende belangstelling mag verheugen (afb. 8) Hoe belangrijk een juiste constructieve uitvoering kan zijn, moge blijken uit het feit, dat het in een bepaald geval mogelijk bleek de uitvoering van plaatliggers zodanig te wijzigen, dat de prijs – inclusief materiaalkosten – tot minder dan de helft teruggebracht kon worden.

Richtlijnen voor het dimensioneren van plaatliggers

Het kostenverloop van de plaatliggers in afb. 5 en 6 heeft slechts betrekking op goed gedimensioneerde plaatliggers.

Dit wil zeggen: liggers die bij gegeven doorbuigingseis (traagheidsmoment) en materiaalspanning (weerstandsmoment) zodanig geconstrueerd zijn, dat het gewicht minimaal is.

Houdt men zich aan onderstaande richtlijnen, dan benadert men de lichtst (goedkoopst) mogelijke ligger.

De keuze van het materiaal

Wanneer de liggerhoogte gelimiteerd (voorgeschreven) is en het weerstandsmoment maatgevend is, dan is Fe 52 het voordeligst.

Zodra het mogelijk is de liggerhoogte aan te passen, dan levert Fe 37 een 31 pct. zwaardere ligger op dan wanneer Fe 52 gebruikt wordt. Fe 52 is echter ca. 20 pct. duurder dan Fe 37, zodat toepassing van Fe 52 een besparing van ca. 10 pct. oplevert.

In de praktijk geven in zulke gevallen de hogere bewerkingskosten en de gemakkelijkere verkrijgbaarheid van Fe 37 vaak de doorslag ten gunste van het laatstgenoemde constructiemateriaal.

Wanneer de doorbuiging maatgevend is, dan is Fe 33 of Fe 37 zonder twijfel het voordeligste constructiemateriaal. Bij verbondconstructies (afb. 8) is Fe 52 aan te raden voor de onderflens. Lijf en bovenflens kunnen in vele gevallen van Fe 37 gemaakt worden.

Bepaling van de profielafmetingen

Voor de bepaling van de profielafmetingen van de meest economische ligger kan gebruik gemaakt worden van het diagram van afb. 15.

Allereerst dienen met behulp van het belastingsschema, de materiaaleigenschappen en de maximaal toelaatbare doorbuiging het gewenste weerstandsmoment en het gewenste traagheidsmoment bepaald te worden.

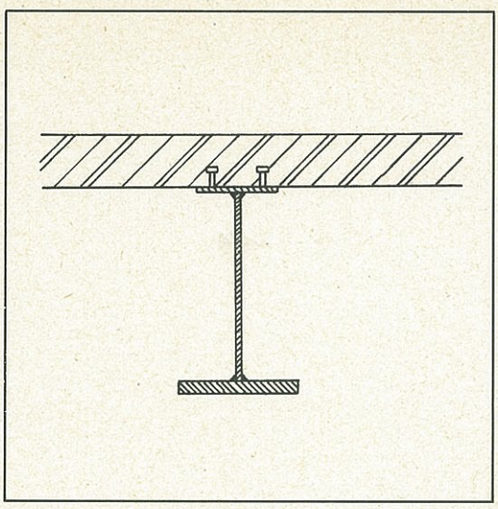
Op de y- en x-as van het diagram worden vervolgens de waarden van $I_{gewenst}$ en $W_{gewenst}$ uitgezet.

Op het snijpunt van beide lijnen vindt men in het diagram de waarde van de meest economische profielhoogte.

– Valt het snijpunt in gebied 'A', dan is de doorbuiging (I) maatgevend). (zie hieronder)

– Valt het snijpunt in gebied 'B', dan zijn doorbuiging (I) en materiaalspanning (W) beide maatgevend.

– Valt het snijpunt in gebied 'C', dan is de materiaalspanning (W) maatgevend.



Doorbuiging maatgevend (gebied 'A')

Uit het diagram (afb. 15) leest men rechtstreeks de profielhoogte H en de waarde van het weerstandsmoment W af.

De waarde van W is natuurlijk groter dan van $W_{gewenst}$; $I = I_{gewenst}$ (afb. 9).

De overige profielafmetingen en -eigenschappen zijn:

profielhoogte	$\simeq$	$5{,}1\sqrt[4]{I}$ cm ($t_F < t_L$)
flensbreedte B	=	0,190 H cm
lijfdikte t_L	=	0,00896 H cm
flensdikte t_F	=	0,00824 H cm
oppervlak F	=	0,01194 H^2 cm^2
gewicht G	=	0,00937 H^2 kg/m'
W_x	=	0,00296 H^3 cm^3
i_x	=	0,352 H cm
I_y	=	0,980 x 10^{-5} H^4 cm^4
W_y	=	0,0001013 H^3 cm^3
i_y	=	0,0281 H cm

Zoals uit de profielafmetingen te zien valt, is in dit geval de flensdikte kleiner dan de lijfdikte. Uit een oogpunt van zijdelingse stabiliteit is dit niet ongewenst.

Ook de kipstabiliteit wordt hierdoor verbeterd.

In sommige gevallen wanneer hierdoor de flensdikte te klein wordt (kleiner dan 8 à 10 mm) of wanneer men lijf en flens uit dezelfde plaat wil kunnen snijden, kan men lijf- en flensdikte gelijk maken. De afmetingen en eigenschappen worden dan:

profielhoogte H	=	$5{,}1\sqrt[4]{I}$ cm ($t_F = t_L$)
flensbreedte B	=	0,175 H cm
lijfdikte t_L	=	0,00896 H cm
flensdikte t_F	=	0,00896 H cm
oppervlak F	=	0,0119 H^2 cm^2
gewicht G	=	0,00937 H^2 kg/m'
W_x	=	0,00296 H^3 cm^3
i_x	=	0,352 H cm
I_y	=	0,810 x 10^{-5} H^4 cm^4 !
W_y	=	0,0000925 H^3 cm^3 !
i_y	=	0,0260 H cm !

Doorbuiging (I) en materiaalspanning (W) beide maatgevend (gebied 'B')

Uit het diagram (afb. 15) worden rechtstreeks afgelezen:

$I = I_{gewenst}$

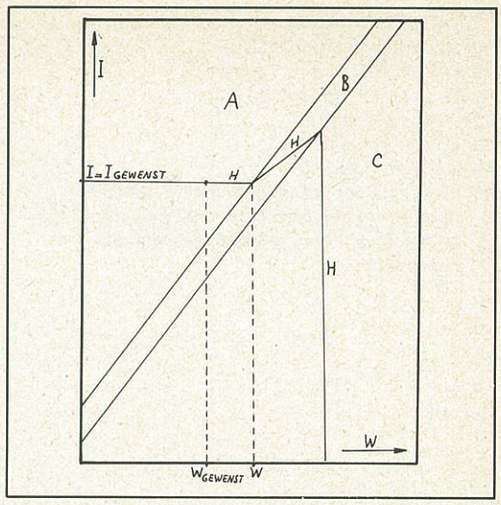
$W = W_{gewenst}$

H (afb. 10) Overige afmetingen:

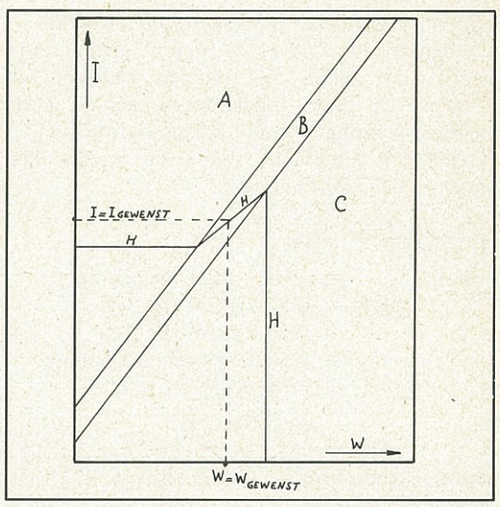
Lijfdikte $t_L = \frac{H}{113}$

Flensbreedte $B \approx \sqrt{48\frac{I}{H^2} - \frac{H^2}{30}}$ cm

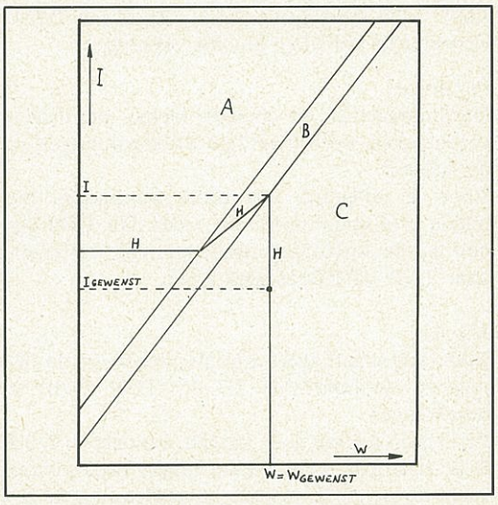
Flensdikte $t_F \approx \frac{B}{23}$ cm (zie opmerkingen over constructieve uitvoering).



8, 9



10



11

Materiaalspanning (W) maatgevend (gebied 'C')

Uit het diagram (afb. 15) leest men rechtstreeks de profielhoogte H en de waarde van het traagheidsmoment I af.

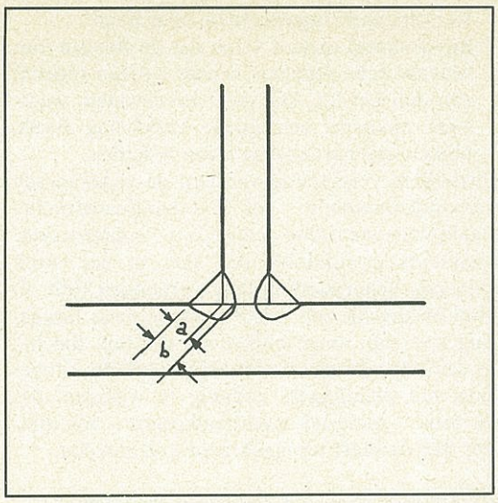
De waarde van I is natuurlijk groter dan van $I_{gewenst}$; $W = W_{gewenst}$ (afb. 11).

Overige profielafmetingen en -eigenschappen:

profielhoogte H	=	$5{,}47\sqrt[3]{W}$ cm
flensbreedte B	=	0,335 H cm
lijfdikte t_L	=	0,00896 H cm
flensdikte t_F	=	0,0146 H cm
oppervlak F	=	0,0185 H^2 cm^2
gewicht G	=	0,0145 H^2 kg/cm^2
I_x	=	0,00306 H^4 cm^4
i_x	=	0,407 H cm
I_y	=	0,913 x 10^{-4} H^4 cm^4
W_y	=	0,000546 H^3 cm^3
i_y	=	0,0703 H cm

8 Verbondconstructie
9 I maatgevend (gebied 'A')
10 I en W maatgevend (gebied 'B')
11 W maatgevend (gebied 'C')
12 Dubbele hoeklas
13 Dubbelzijdig lassen
14 Dubbele hoeklas
15 Diagram voor het vinden van de optimale hoogte van een plaatligger met gewenst traagheidsmoment I en gewenst weerstandsmoment W

12



Globale controle op plooien van de lijfplaat
De liggers, die volgens 'A, B en C' gedimensioneerd zijn, zullen niet plooien wanneer ter plaatse van grote buigende momenten geen noemenswaardige dwarskrachten optreden.
Treedt een combinatie van σ en τ op, dan moet voldaan worden aan:

$$\sqrt{\frac{(\ \delta\ )^2}{(\delta\ KR)} + \frac{(\ \tau\ )^2}{(\tau KR)}} \leqslant 1$$

waarin = optredende buigspanning
σKR = 1880 kg/cm² (Fe 37)
= 2820 kg/cm² (Fe 52)
τ = optredende schuifspanning, volgens $\frac{D}{H.t_L} = \tau$ (D = dwarskracht)
τKR = 660 kg/cm² (Fe 37 en Fe 52)

Bovenstaande formule is bedoeld voor een snelle globale controle.
TGB 1970 hoofdstuk 2.6.2., 2.6.3. en 2.6.4. vermeldt de volledige plooiberekening.

Puntlasten
Gordingreacties en andere kleine puntlasten veroorzaken slechts geringe drukspanningen in de lijfplaat.
Voor de inleiding van grote puntlasten, die lokale drukspanningen van meer dan 1000 kg/cm² in de lijfplaat veroorzaken, zij verwezen naar TGB 1970 hoofdstuk 2.6.6.

Kippen
Bijna alle plaatliggers zijn als 'slank' (in de betekenis van hoofdstuk 2.7 der TGB 1970) te beschouwen.
Er is geen gevaar voor kippen wanneer $1 \leqslant 5{,}8$ B is. Hierin is 1 de afstand tussen twee punten waar de op druk belaste bovenflens tegen zijdelings uitwijken wordt gesteund.
Wanneer $1 > 5{,}8$ B is dan zij verwezen naar hoofdstuk 2.7.3. der TGB 1970.
Blijkt de ligger te kippen, dan is verbreding van de bovenflens noodzakelijk.

N.B.: Vergeet niet de transport- en montagetoestand op kip te controleren.
Kip tijdens transport en montage kan voorkomen worden door het aanbrengen van een tijdelijk 'spanwerk'.

Berekening van de hoeklassen
Bij automatische lasprocédés is
b = 1,2 a (afb. 12)
a = uitwendig meetbare hoeklasafmeting.
Volgens de binnenkort ook in Nederland geldende internationale ISO voorschriften moeten de hoeklassen voldoen aan:

$$\tau = \frac{D.B.t_F\ \ (H\text{-}t_F)}{4.b.I}$$

Deze formule geldt voor overwegend statisch belaste constructies.
D = dwarskracht (kgf)
B = flensbreedte (cm)
t_F = flensdikte (cm)
H = profielhoogte (cm)
I = traagheidsmoment van de ligger (cm⁴)
$\tau \leqslant 1300$ kg/cm² (Fe 37)
$\tau \leqslant 1700$ kg/cm² (Fe 52)

De langsspanningen (σ) mogen bij de berekening van de hoeklassen buiten beschouwing blijven.

Enkele opmerkingen over de constructieve uitvoering
– Maak flenzen dun en breed, echter niet dunner dan 8 à 10 mm.
De verhouding $\frac{B}{t_F} = 23$ voldoet in alle gevallen.
Vaak mag $\frac{B}{t_F}$ groter zijn.
Er moet dan voldaan worden aan:

$$\frac{B}{t_F} \leqslant \sqrt{\frac{3267}{\sigma}}$$

Voordelen van grote waarden van $\frac{B}{t_F}$ zijn:
– zijdelingse stijfheid en sterkte,
– plaatmateriaal goedkoper,
– grotere kipstabiliteit.

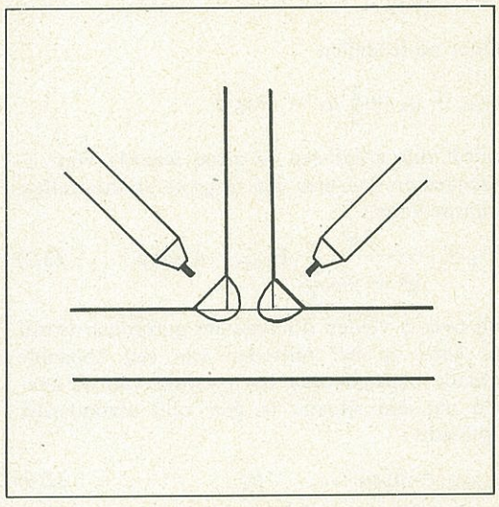
– Vermijd verticale plooischotten.
Deze schotjes waarvan sommige constructeurs de liggers met kwistige hand plegen te voorzien, zijn peperduur en doen de voordelen van met zorg gekozen profielafmetingen weer teniet.
Wat voor deze constructeurs frustrerend moet zijn: ze verhinderen de plooi niet.
Schotjes zijn slechts zinvol wanneer grote puntlasten te hoge drukspanningen in de lijfplaat zouden veroorzaken of wanneer bij lange liggers aan de vormgetrouwheid van de doorsnede getwijfeld moet worden.
– De flens behoeft niet dikker dan het lijf te zijn.
– Kies altijd een uitwendige hoeklasafmeting a = 4 à 5 mm. Kleinere hoeklasafmetingen hebben lastechnisch weinig zin, en kunnen bij Fe 52 ongewenste hardingsverschijnselen veroorzaken. Grotere hoeklasafmetingen zullen zeer zelden noodzakelijk zijn.
– Plaats eventuele stuiklassen op zodanige plaatsen dat de liggerlengte in gelijke delen verdeeld wordt. Laat de keuze van het soort lassen (X- of V-naden) aan de fabrikant over. De voordeligste keuze hangt soms mede van de beschikbare apparatuur af.
– Rond de breedtematen van de te snijden plaatstrippen op hele mm af. Verdere afronding heeft geen zin.
Bij het afronden der plaatdikten doen zich twee gevallen voor:
– De liggers moeten vanwege de leveringstijd gemaakt worden uit bij de handel voorradig plaatmateriaal. Uiteraard moet de dikte dan aangepast worden aan hetgeen voorradig is. Meestal moeten enige alternatieven begroot worden.
– Het is meestal voordeliger het plaatmateriaal bij een walswerk op maat te bestellen.
Het afronden van de plaatdikte heeft dan geen enkele zin en kost geld (afwijking van het optimum).

De fabricage
Welke fabricagemethode men ook kiest, in ieder geval kunnen de volgende overwegingen van nut zijn.
– Automatische lasprocédés zijn in het voordeel ten opzichte van handlassen of zogenaamde driepootlassen (zwaartekrachtlassen). De lasonderbrekingen van de laatste methoden kunnen minder gunstig zijn.
– Het hechten van de lijfplaat op de flens door middel van 'hechtlassen' is bij Fe 52 zeer ongewenst en zonder speciale voorzorgen uit den boze; ook bij Fe 37 zijn deze hechtlassen liever te vermijden.
Het is beter het lijf op de flens te klemmen.
– Dubbelzijdig lassen (afb. 13) met hoge lasstromen heeft een gunstig effect op de afkoelsnelheid van de laszone.
Bij O.P.-lassen wordt vaak een tandemprocédé (aan iedere zijde 2 elektroden op ca. 100 mm afstand, ieder op een afzonderlijke stroombron) of een twin-arc systeem (aan iedere zijde 2 elektroden op ca. 5 mm onderlinge afstand; beide op dezelfde stroombron) toegepast.
De grote warmte-inbreng van beide systemen vermindert de afkoelsnelheid zodanig, dat zelfs geen martensiet gevormd kan worden bij het

lassen van Fe 52, zodat voorverwarmen overbodig is; zelfs bij plaatdikten van 50 mm.
Uiteraard geldt dit alleen bij dubbelzijdige lassystemen ('de ene kant warmt de andere voor'), waarbij ononderbroken gelast wordt.
– Schoon en droog plaatmateriaal bevordert de kwaliteit van de hoeklassen. De plaat moet dus ter plaatse van de lassen tevoren gestraald worden.
– De snijkanten van de lijfplaten dienen glad gesneden en goed schoongemaakt te worden. Het slijpen van deze randen teneinde de harde brandkanten te verwijderen is zeer aanvechtbaar en wordt in Nederland dan ook bijna niet meer toegepast.
Bij het slijpen kan namelijk plaatselijk een grote warmteontwikkeling ontstaan. Deze op één plaats geconcentreerde warmte-inbreng leidt tot grote afkoelsnelheden en dus vorming van harde structuren. Er is dus een grote kans dat men een gelijkmatig verdeelde zeer dunne (ca. 10 mikron) harde schil, die zich op een ongevaarlijke plaats bevindt, vervangt door veel dieper indringende lokale hardingsstructuren.
Wanneer men bang is voor de harde snijschil kan men bij het snijden van Fe 52 een voorwarmbrander laten meelopen.
– Tijdens het lassen dient de lijfplaat stevig op de flens gedrukt te worden. Dit voorkomt poreuziteit van de las en doordat de laskrimp het lijf nog steviger op de flens krimpt, kunnen lijf en flens niet plaatselijk ten opzichte van elkaar verschuiven, zodat een goede vermoeiingssterkte verkregen wordt. Bovendien worden de puntlasten die loodrecht op de bovenflens rusten via het op elkaar gekrompen contactoppervlak direct naar het lijf overgebracht.
– Te kiezen elektroden, draad, poeder enz.
Wanneer de fabrikant door middel van een beproevingsprogramma de elektroden, draad-poedercombinaties, lasparameters enz. in combinatie met de fabricage-apparatuur heeft 'uitgebalanceerd', dan is het niet raadzaam van het door hem geadviseerde af te wijken.
Hieronder volgen twee 'losse opmerkingen' over de keuze van draad en poeder bij het O.P.-lassen.
Deze opmerkingen worden hier vermeld omdat ze betrekking hebben op aspecten van draad- en poederkeuze die nogal eens over het hoofd gezien worden.

Draad
Door de grote opmenging bij het dubbelzijdig O.P.-lassen wordt de treksterkte van het neergesmolten lasmateriaal vergroot.

13

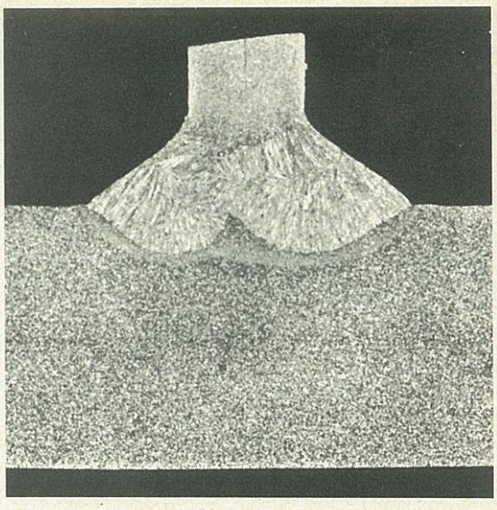


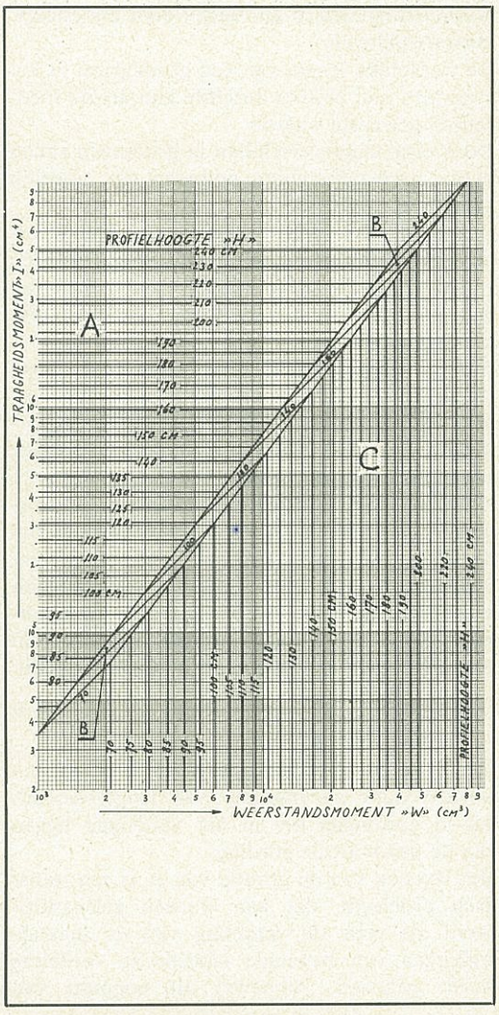
Gebruikt men bij Fe 52 een speciaal voor Fe 52 bestemde S-2 draad, dan krijgt de las een sterkte die ver boven de treksterkte van het moedermateriaal ligt. Deze hoge treksterkte gaat gepaard met een grotere hardheid en geringere vervormbaarheid. Zoals eerder vermeld is de treksterkte van de hoeklassen nogal onbelangrijk.
Een grote vervormbaarheid is echter één van de meest gewenste eigenschappen.
Een veel betere kwaliteit wordt verkregen door Fe 52 te lassen met een voor Fe 37 bestemde S-1 draad. Door de opmenging zal de treksterkte van de las groter worden dan 5200 kg/cm². De hardheid zal lager en de vervormbaarheid groter zijn dan bij toepassing van S-2 draad.

Poeder
Er bestaan speciale laspoeders die de koudbrosheid van de las verbeteren. (Kerfslagwaarde 3,5 kgm/mm² bij -20°C).
Deze poeders vereisen echter een lage lassnelheid, anders ontstaat lasporeuziteit. Door de lage lassnelheid wordt de 'heat input' echter vergroot en wordt een minder gladde las verkregen. Door de hoge 'heat input' verslechtert de kerfslagwaarde van de overgangszone. Het effect is dus hoogst dubieus, want de overgangszone is juist de zwakste schakel wat kerfslagwaarde betreft.
Het ware beter een goed hoeklaspoeder te kiezen dat een goed uiterlijk geeft en de hoeklas voor 'uitzakken' behoedt, poreuziteit voorkomt en de kerfslagwaarde in de overgangszone niet verslechtert.

Keuring
De hoeklassen
Zoals gemeld dienen de hoeklassen slechts voor het overbrengen van schuifspanningen tussen lijf en flens. In verreweg de meeste gevallen zijn deze schuifspanningen gering.
De kwaliteit van de hoeklassen zou dan ook niet de grootste zorg behoeven te hebben.
– Koudscheuren komen (gelukkig) zelden voor.
– Poreuziteit is ongevaarlijk.
Alleen wanneer de gaskanaaltjes het lasoppervlak bereiken zijn ze ontoelaatbaar, omdat ze dan vocht aantrekken en later een eeuwige bron van roest zullen vormen. Gelukkig is deze aan het oppervlak tredende poreuziteit gemakkelijk te zien.
– Warmscheuren kunnen ontstaan door onverantwoorde pogingen een diepe inbranding te verkrijgen of door het streven naar een hol lasoppervlak.
Deze warmscheuren zijn gevaarlijk, omdat ze zich over grote lengten kunnen uitstrekken. Met de magnaflux-methode zijn de warmscheuren (en tevens de oppervlakteporeuziteit) op te sporen.
Het verdient aanbeveling van tijd tot tijd een hoeklas door te snijden (14) teneinde te verifiëren of de kwaliteit constant blijft.
Er mag tussen lijf en flens geen spleet ontstaan. De hoeklas moet onder 45° liggen en niet dieper dan breed zijn.
Het oppervlak moet glad zijn.
Zowel holle als bolle lassen zijn ongewenst.
Röntgenfoto's geven geen goed resultaat bij hoeklassen. Ultrasonoor onderzoek is veel te onpraktisch en bewerkelijk als instrument voor kwaliteitscontrole.

14



Stuiklassen
Stuiklassen zijn bijna altijd vitale onderdelen van plaatliggers. In tegenstelling tot de hoeklassen is een nauwkeurige kwaliteitscontrole hier een noodzaak.
Röntgenfoto's geven een goed beeld van de kwaliteit van stuiknaden.

15