

mbo

Tekeninglezen scheepsbouw



TECHNIEKSTAD



COLOFON

©2019 Kenteq, Hilversum

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand dan wel openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname, of enige andere wijze, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Kenteq
Postbus 81
1200 AB Hilversum

info@techniekstad.nl

Inhoudsopgave

1	Basistekeningen van een schip	5
1.1	Lijnenplan	5
1.2	Algemeen plan	7
1.3	Bewerkt grootspant	8
1.4	Constructieplan of staalplan	8
1.5	Uitslag van de huid	8
1.6	Sectieplan	8
1.7	Werktekeningen	9
1.8	Vragen Basistekeningen van een schip	10
2	Materiaalsoorten en -aanduidingen	13
2.1	Materialen	13
2.2	Materiaalvormen en afmetingen	14
2.3	Staalkwaliteiten	19
2.4	Vragen Materiaalaanduidingen Scheepsbouw	23
3	Lasaanduidingen	25
3.1	Kennismaking met lasaanduidingen	25
3.2	Relatie tussen referentieteken en plaats lasnaad	26
3.3	Lasnaadvorm	27
3.4	Aanvullende aanduidingen	30
3.5	Maatinschrijving lasverbindingen	31
3.6	Vragen Lasaanduidingen	33
4	Scheepsbouwkundige tekeningen	39
4.1	Basistekeningen van een schip	39
4.2	Lijnsoorten	40
4.3	Vragen Scheepsbouwkundige tekeningen	49
5	Vragen Eenvoudige scheepsconstructies	51
5.1	Vragen Motorfundatie, Langsdrager 475 mm uit HS	51
5.2	Vragen Voorschip, Stringer	53
5.3	Vragen Machinekamer, Spant 12	57
5.4	Vragen Constructie Achterschip, Doorsnede op HS	63
5.5	Vragen Constructie Voorschip, Doorsnede op HS	69
6	Vragen Complexe scheepsconstructies	75
6.1	Lower aftpeak fr. 3 – 8 (Schroefasdoorvoersectie)	75
6.2	Double bottom, Fr. 106 – 122 (Dubbele bodem)	78
6.3	Foundation Engine (Motorfundatie)	82
6.4	Sideshell Fr. 56 -73 (Zijtank)	85
6.5	Wheelhouse (Stuurhuis)	91
7	Vragen Examentraining scheepsconstructies 1	97
7.1	Examentraining: Dek in MK, 3500 mm boven basis	97
7.2	Examentraining: Dubbele bodem	101
7.3	Examentraining: Spant 129	105

8	Vragen Examentraining scheepsconstructies 2	109
8.1	Examentraining Wheelhouse (Stuurhuis)	109
8.2	Examentraining Sideshell (Zijtank) Fr. 106-121	113
9	Afkortingen, begrippen en woordenlijsten	117
9.1	Afkortingen en begrippen	117
9.2	Woorden en uitdrukkingen Nederlands - Engels	119
9.3	Woorden en uitdrukkingen Engels - Nederlands	124
10	Bijlagen Tekeninglezen scheepsbouw	129
10.1	Bijlagen Basistekeningen van een schip	129
10.2	Bijlagen Vragen Scheepsconstructies	129

1 Basistekeningen van een schip

Er zijn vier basistekeningen van een schip. Alle andere tekeningen zijn daarvan afgeleid. De basistekeningen van een schip zijn het:

- *Lijnenplan:*
Dit bepaalt de vorm van het schip, zie ook bijlage 3. Deze tekening dient als bron voor berekeningen die betrekking hebben op de waterverplaatsing, stabiliteit, weerstand, enzovoort.
Ook de vorm van de scheepsonderdelen bepaal je vanaf het lijnenplan.
- *Algemeen plan:*
Dit geeft de indeling van het schip weer. Zie bijlagen 4, 5 en 6 voor een algemeen plan van diverse typen schepen. Het is dus een bron voor de latere tekeningen (constructie, veiligheid, uitrusting, enzovoort), maar ook voor het bouwbestek.
- *Bewerkt grootspant:*
Dit is de basis voor alle constructietekeningen van de romp van het schip, zie bijlage 1 en 2.
- *Constructieplan:*
ook wel langsplan of staalplan genoemd. Hierop zijn langsdoorsneden en bovenaanzichten van de diverse dekken en de dubbele bodem getekend, zie bijlagen 7, 8 en 9.

Voordat je met de bouw van het schip begint moeten nog verscheidene andere tekeningen worden geproduceerd. Het classificatiebureau controleert deze. Het zijn:

- Algemeen plan, met daarop de belangrijkste uitrustingsstukken, zoals ankers, ankerketting.
- Grootspant, waarop naast de tekening van de dwarsdoorsneden, onder andere is vermeld wat de diepgang is en de spantafstand.
- Dwarsdoorsneden ter hoogte van de machinekamer en op andere plaatsen die belangrijk zijn voor de sterkte.
- Huiduitslag, waarop meestal in een driedimensionale tekening de huidplaten zijn getekend (plaatdikte) met de daarachter liggende ondersteunende constructiedelen zoals spanten, schotten, dekken, stringers, enzovoort.
- Langsplan, waarop de constructiedelen in de bodem en onder de dekken zijn getekend, maar ook de waterdichte schotten als die niet apart zijn getekend.
- Dekhuizen en bovenbouwen.
- Voorpiektekening.
- Achterpiektekening.
- Roer en achterstevan.
- Stuurmachine met fundatie.
- Tankenplan met daarop de hoogte van de spuijp.
- Luikhoofd met luiken.
- Tekening van de versterkte bodem in het voorschip.

Het is toegestaan om tekeningen te combineren als dat mogelijk is.

1.1 Lijnenplan

In het lijnenplan is de vorm van het schip vastgelegd. Naast de basislijn en de hart-schip-lijn onderscheid je in het lijnenplan drie soorten lijnen ofwel projecties:

- de spantlijnen
- de waterlijnen

- de verticalen.

Bijlage 3 laat je een voorbeeld van een lijnenplan zien.

Voorschip-Achterschip

Het voorschip wordt altijd *naar rechts* getekend. Dit geldt ook voor secties. We kijken dus vanaf de stuurboordkant. Als we vanaf de bakboordkant kijken, moet dit duidelijk bij het betreffende aanzicht worden vermeld.

Dwarsdoorsneden

Dwarsdoorsneden worden van achter naar voor gezien getekend. Rechts is dus stuurboord en links bakboord. Wanneer hiervan wordt afgeweken, moeten *SB* en *BB* duidelijk zijn aangegeven.

Symmetrie

Bij symmetrie wordt alleen de SB-zijde getekend.

Horizontale doosconstructies

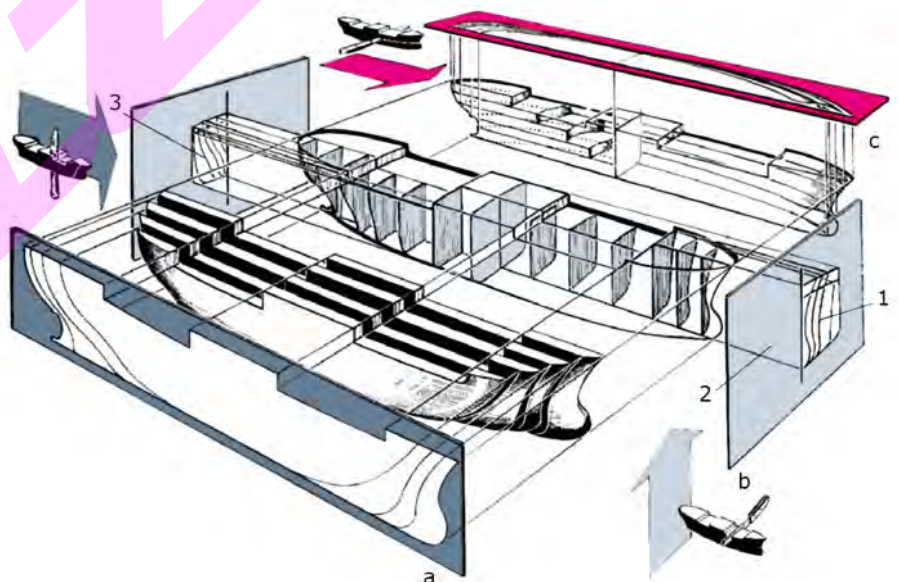
Bij horizontale doosconstructies (bv. dubbele bodem) wordt de BB-helft *met* beplating (tanktop) getekend, SB-helft *zonder* beplating.

Verdeelspanten

Het lijnenplan verdeelt het schip tussen de loodlijnen in 10 of 20 denkbeeldige ordinaten of verdeelspanten. Deze worden van achteren naar voren genummerd van 0 tot en met 20. Er ontstaan dan 21 verdeelspanten.

In de afbeelding zie je dit weergegeven. Voor de duidelijkheid is hier het aantal verdeelspanten beperkt gehouden.

- a = verticalen
- b = dwarsdoorsnede
- c = waterlijnen
- 1 = spantenvloer voorschip
- 2 = spantenvloer (plat vlak)
- 3 = spantenvloer achterschip



Voorbeeld verdeelspanten

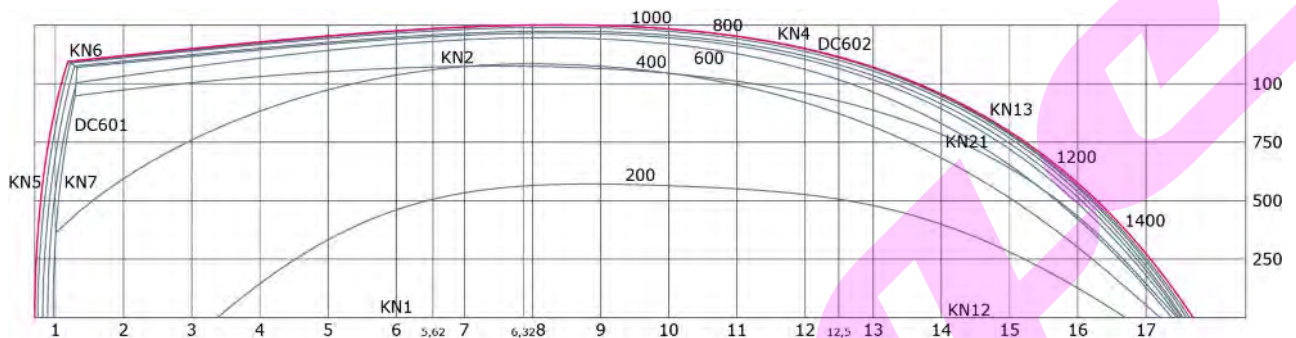
Voor de verdeelspanten worden dwarsdoorsneden gemaakt die we als dwarsscheepse vlakken kunnen zien.

Wanneer we nu het schip langsscheeps als het ware in elkaar drukken, komen de spanten in een plat vlak naast elkaar te staan. Dit is mogelijk doordat het schip naar voren en naar achteren inloopt.

Doordat de scheepsvorm SB en BB elkaars spiegelbeeld zijn wordt volstaan met op de linkerhelft het achterschip en op de rechterhelft het voorschip te tekenen.

Waterlijnen

De waterlijnen worden gevormd door de vorm van de scheepsrump vanuit de basis van het schip in horizontale vlakken te verdelen.



Lijnenplan

Verticalen

De verticalen worden gevormd door de vorm van de scheepsrump in verticale vlakken vanuit het hart van het schip te verdelen.

Bij extreme vormen wordt ter controle ook wel eens in het voor- of achteraanzicht een sentlijn aangegeven. Met deze lijn wordt het schip in diagonale richting (onder een hoek) doorgesneden. Als deze diagonale lijn vanuit een bepaalde hoogte op hartschip naar de kim loopt, dan noem je dat een kimsent.

1.2 Algemeen plan

Op het Algemeen plan kun je het type, de indeling en de inrichting van het schip zien. Deze tekening bestaat uit een zijaanzicht van het schip en een bovenaanzicht van de diverse dekken en de dubbele bodem.

Hierop zijn onder andere de plaats van ruimen, machinekamer, boven- of opbouwen en de ruim- en hut-indeling aangegeven. Ook is een globale indeling van de machinekamer gegeven.

Een voorbeeld van een algemeen plan kun je zien in de bijlagen 4, 5 en 6.

Tanknummering

De tanknummering loopt op van voor- naar achterschip (in normale cijfers).

Ruimnummering

De ruimnummering loopt op van voor- naar achterschip (in normale cijfers).

1.3 Bewerkt grootspant

Voor een vrachtschip wordt altijd een doorsnede over een ruim getekend, zo dicht mogelijk bij het midden van de scheepslengte. In deze doorsnede staan alle verbanddelen (constructiedelen) van de romp getekend. Naast deze doorsnede zijn meestal nog enige doorsneden aan de einden van het schip en vaak een doorsnede op de plaats van de machinekamer getekend.

Zie de bijlagen 1 en 2 voor de grootspant-tekeningen van een bevoorradingschip.

1.4 Constructieplan of staalplan

Op deze tekening is een langsdoorsnede op de plaats van het midden van het schip getekend. Ook de bovenaanzichten van de diverse dekken en de dubbele bodem zijn hier zichtbaar.

De tekening vertoont veel overeenkomst met het Algemeen plan. Het kenmerkende verschil is dat alleen dat deel getekend wordt dat van direct belang is voor de scheepsconstructie, zoals de schotten, laadhoofden, luiken enzovoort. Op de tekening zijn plaat- en profiel-afmetingen te vinden om de sterkteberekeningen te kunnen maken.

In bijlagen 7, 8 en 9 zie je voorbeelden van een constructieplan.

1.5 Uitslag van de huid

De huiduitslag is een overzichtstekening, waarop te weinig gegevens staan voor het produceren van een onderdeel. Het is ook een beetje een misvormde tekening. Op de uitslag van de huid vinden we de plat uitgerolde platen van vlak, kim en de huid in de breedte van het schip weergegeven. Zo kunnen we ongeveer de vorm van de platen bepalen. Ook de dikte van de platen zijn op deze tekening terug te vinden.

Op bijlage 7 zie je aan de linkeronderzijde een uitslag van de huid.

1.6 Sectieplan

Vóór het maken van de werktekeningen van het casco verdeel je het schip in secties. Bij deze verdeling houden ze onder andere rekening met de situatie op de bouwplaats, waarbij afmetingen en gewicht het belangrijkste zijn.

Deze verdeling wordt aangegeven op het sectieplan, zie bijlage 10.

De nummering van de secties gebeurt volgens een systeem dat per scheepswerf verschilt. De meest toegepaste nummering is:

- 100-199: romp, achterschip en machinekamer
- 200-299: opbouwen
- 300-399: dubbele bodem, deel ruim
- 400-499: zijtanks, deel ruim
- 500-599: voorschip
- 600-699: grote onderdelen aan dek

Het in de bijlagen meegeleverde sectieplan van ms. Esnaad toont een andere nummering. Probeer zelf een indeling te maken volgens het voorbeeld hierboven.

De tekeningnummers van de werktekeningen van de secties komen overeen met de sectienummers.

Posnummers

Een posnummer is een nummer om de onderdelen van elkaar te kunnen onderscheiden. Elk uniek onderdeel heeft een eigen posnummer.

Het is een afkorting voor het Engelse 'position number'.

Op de tekening worden de posnummers aangegeven door middel van een getal in een cirkel. Dit wordt bij het betreffende onderdeel geplaatst.

Het nummer correspondeert met hetzelfde nummer op de stuklijst of montagelijst.

Op elk onderdeel staat ook het viercijferige objectnummer (gekoppeld aan bouwwerf en bouwnummer). Deze nummers worden rechtsboven op het onderdeel geplaatst in de volgorde: objectnummer, sectienummer, posnummer.

1.7 Werktekeningen

Een werktekening behoort niet tot een van de basistekeningen van een schip. Het is een tekening van een gedeelte van de scheepsconstructie:

- bijvoorbeeld een waterdicht schot, een dubbele bodemsectie, de uitslag van de huid;
- een apart onderdeel zoals een dekkraan, een waterdichte deur of iets dergelijks;
- of van een sectie.

De tekening moet zo zijn uitgevoerd, dat het betreffende onderdeel zonder verdere aanwijzingen gemaakt kan worden. De tekening moet dus een goede voorstelling geven van het te maken onderdeel en moet voorzien zijn van alle benodigde maten. Ook moeten de uit te voeren bewerkingen zijn vermeld.

De scheepsmetaalbewerker moet deze tekeningen goed kunnen lezen en interpreteren om het onderdeel te kunnen vervaardigen.

1.8 Vragen Basistekeningen van een schip

Vraag 1

Waaruit bestaat een algemeen plan?

Vraag 2

Noem de vier basistekeningen van een schip.
Geef per basistekening aan welke informatie op die tekening staat aangegeven.

Vraag 3

Geef per basistekening aan welke informatie op die tekening staat aangegeven.

Vraag 4

Welke soort lijnen kennen we op de tekeningen?
Geef aan hoe deze lijnen getekend worden.

Vraag 5

a. Wat is een ordinaat of verdeelspant?

b. Waar kun je die in het schip vinden?

Vraag 6

Wat is het doel van een werktekening?

Vraag 7

In welk gedeelte van het schip kun je de sectie met nummer 510 vinden?

Vraag 8

Hoe wordt in een tekening het Posnummer aangegeven?

TECHNIEKSTAD

2 Materiaalsoorten en -aanduidingen

Op tekeningen komen behalve de bemating ook materiaalaanduidingen voor. Een materiaalaanduiding bestaat uit een symbool of afkorting. Daarnaast worden verschillende staalsoorten gebruikt.

2.1 Materialen

In de scheepsbouw passen we veel verschillende materialen toe; voor de scheepsromp bijvoorbeeld staal, aluminium en (glas)vezel versterkte kunststoffen. Bij grote schepen wordt voornamelijk staal toegepast.

In de constructies worden zowel ongelegeerde (Mild Steel) als laag gelegeerde staalsoorten toegepast. De laatste soort kan aan hogere belastingen weerstand bieden dan de eerste.

De eigenschappen van deze staalsoorten moeten zodanig zijn dat ze voldoen aan de gestelde eisen in de voorschriften van het klassebureau.

Voor de bovenbouw en dekhuzen kan een (zeewaterbestendige) aluminiumlegering worden gebruikt. Voordeel hiervan is dat het de bovenbouw lichter maakt en daardoor het zwaartepunt van het schip lager komt te liggen. Dit heeft een positieve invloed op de stabiliteit.

Moderne (zeegaande) jachten en veel kleinere schepen zoals loods- en reddingboten en pleziervaartuigen zijn vaak helemaal van aluminium.

Materiaalvormen

De verschijningsvorm van het meest gebruikte materiaal in de scheepsbouw is plaat en profiel. De Bedrijfsnormen Nederlandse Scheepsbouwindustrie maken de volgende onderverdeling:

Verschijningsvorm	Categorie
plaat:	breedte > 1.000 mm
strip:	breedte > 150 mm maar < 1.000 mm
plat:	breedte < 150 mm
staf:	rond, vierkant, halfrond, plathalfrond enz.
profiel:	Holland-profiel, hoekprofiel, I- of H profiel, enz.

Plaat

Je spreekt over dunne plaat als de dikte minder is dan 5 mm.

Dikke plaat is plaat waarvan de dikte groter is dan 5 mm maar dunner dan 25,5 mm.

Zware plaat is plaat met een dikte van 25,5 mm of meer.

Platen komen voor in lengten van 6 , 8 ,10 , 12 en zelfs 16 meter en zijn beschikbaar in meerdere breedten, bijvoorbeeld 2.000, 2.500 en 3.000 mm.

Plaatwalserijen zijn doorgaans bereid elke gewenste plaatafmeting te leveren voor zover dit binnen hun productiemogelijkheden ligt en de hoeveelheden acceptabel zijn.

Er worden nog een aantal niet-gladde platen onderscheiden zoals nopjesplaat en tranenplaat. Daarnaast kennen we de geperforeerde plaat die is voorzien van ronde, ovale, vierkante of rechthoekige gaatjes.

Deze plaatsoorten passen we veel toe bij kabelbanen, roosters, lensputten inlaatkasten, enzovoort. Het voordeel is dat je dan geen grote hoeveelheden gaatjes hoeft te boren.

Voor trappen en bordessen worden vaak looproosters gebruikt om gladheid te voorkomen door weersinvloeden, zeewater of vuil.

Profiel

Naast de vele soorten standaardprofielen worden ook samengestelde of geconstrueerde profielen toegepast. Dit zijn profielen, samengesteld uit plaat en strip. Een veel voorkomende plaatverstijver is de geconstrueerde T-balk.

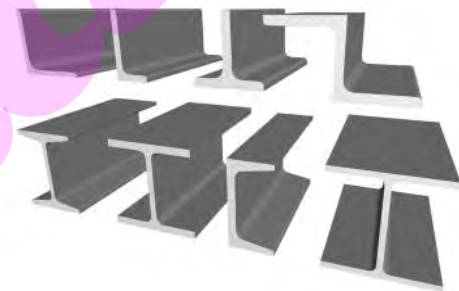


"T"-balk" verstijver

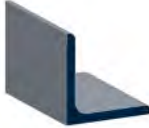
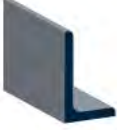





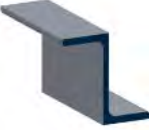

2.2 Materiaalvormen en afmetingen

Voor het stalen casco wordt plaat-, profiel- en stafmateriaal toegepast.

- Staf
 - Rond
 - Vierkant
 - Halfrond
 - Plathalfrond
 - Zeskant
- Profiel
 - Hollandprofiel
 - Hoekprofiel
 - U-profiel
 - H-profiel
 - I-profiel



Tabel profielmateriaal

Omschrijving	Aanduiding			
	Grafisch symbool	Alternatief letter-symbool	Profiel	Afmetingen/ voorbeeld
L-profiel (gelijkzijdig)	L	L		AxAxD 50x50x5
L-profiel (ongelijkzijdig)				AxBxD 50x30x5
T-profiel (gelijkzijdig)	T	T		AxBxD 50x50x5
T-profiel (ongelijkzijdig)				AxBxD 60x30x5,5
I-profiel	I	I		IPE 100
H-profiel	H	H		HE-A 100
U-profiel	C	U		UNP 100
Z-profiel	Z	Z		
Platbulb	└			

Profielmateriaal

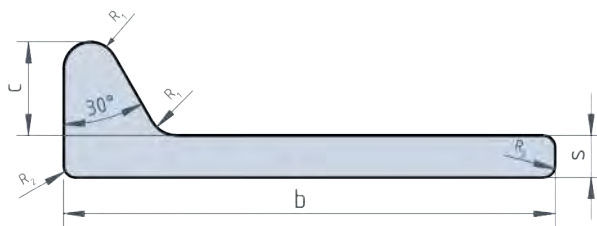
BNS-norm

De Bedrijfsnormen Nederlandse Scheepsbouwindustrie geven gestandaardiseerde aanduidingen voor de verschillende profielen.

Tekensymbool	Afkorting	Beschrijving
- 8 -	PL	Plaat, plaatdikte = 8mm
- 8 - D	PL	Plaat, plaatdikte = 8mm; scheepsbouwkwaliteit Grade D
- 5/7 - TPL	TPL	Traanplaat, plaatdikte = 5 mm; plaatdikte inclusief tranen = 7 mm (hoogte tranen is dus 2 mm)
- ... - PPL	PPL	Geperforeerde plaat
- 5/7- RPL	RPL	Ruitjesplaat, plaatdikte = 5 mm; plaatdikte inclusief ruitjes = 7 mm (ribben van de ruitjes zijn dus 2 mm hoog)
- 5/7- NPL	NPL	Noppenplaat, plaatdikte = 5 mm; plaatdikte inclusief noppen = 7 mm (hoogte noppen is dus 2 mm)
-	Strip/Plat	Strip/Plat
·	HP	Hollandprofiel (platbulb)
∠	L	Hoekprofiel
T	T	T-profiel
[UNP	UNP-profiel
I	INP	INP-profiel
IPE	IPE	IPE-profiel
HE ... A	HE ... A	HE ... A-profiel
HE ... B	HE ... B	HE ... B-profiel
HE ... M	HE ... M	HE ... M-profiel
∅	RD	Staaf, rond
⌒	HRD	Staaf, halfrond
⌒	PLHRD	Staaf, plat-half rond
∅	PIJP	Pijp, buis
	PIJPRH	Pijp, rechthoekig of vierkant

Symbolen volgens de BNS-norm

Afmetingen en Statische gegevens Hollandprofiel (HP)



HP	b mm	s mm	c mm	r ₁ mm	r ₂ max mm	Oppervlak doorsned e cm ²	Massa kg/m	Verf- oppervlak m ² /m	I _x cm ⁴	e _x cm	W _x cm ³
60 × 4	60	4	13	3,5	1	3,58	2,92	0,146	12,2	3,82	3,2
60 × 5		5				4,18	3,41	0,148	14,4	3,70	3,89
60 × 6		6				4,78	3,9	0,15	16,4	3,62	4,55
80 × 5	80	5	14	4	1,5	5,41	4,41	0,189	33,9	4,90	6,91
80 × 6		6				6,21	5,06	0,191	38,7	4,78	8,1
80 × 7		7				7	5,5	0,194	43,3	4,69	9,24
100 × 6	100	6	15,5	4,5	2	7,74	6,32	0,235	76,8	5,99	12,7
100 × 7		7				8,74	7,13	0,236	85,3	5,87	14,5
100 × 8		8				9,74	7,65	0,238	94,3	5,78	16,3
120 × 6	120	6	17	5		9,32	7,6	0,276	133	7,21	18,5
120 × 7		7				10,52	8,58	0,278	149	7,07	21
120 × 8		8				11,72	9,56	0,28	165	6,96	23,6
140 × 7	140	7	19	5,5		12,43	10,1	0,32	241	8,32	29
140 × 8		8				13,83	11,2	0,322	266	8,18	32,5
140 × 9		9				15,2	12,4	0,324	291	8,07	36
140 × 10		10				16,63	13,6	0,326	315	7,99	39,5
160 × 7	160	7	22	6		14,6	11,9	0,365	373	9,66	38,6
160 × 8		8				16,2	13,2	0,367	411	9,50	43,3
160 × 9		9				17,8	14,6	0,369	449	9,37	47,9
180 × 8	180	8	25	7		18,86	15,4	0,411	609	10,89	55,9
180 × 9		9				20,66	16,9	0,413	664	10,73	61,8
180 × 10		10				22,46	18,3	0,415	717	10,59	67,6
180 × 11		11				24,26	19,8	0,417	770	10,47	73,5
200 × 9	200	9	28	8	3	23,66	19,2	0,457	942	12,12	77,7
200 × 10		10				25,66	20,9	0,459	1017	11,96	85,1
200 × 11		11				27,66	22,6	0,461	1091	11,82	92,3
200 × 11,5		11,5				28,66	23,4	0,462	1126	11,70	96,2
200 × 12		12				28,66	24,1	0,463	1164	11,69	99,5
220 × 10	220	10	31	9		29	23,7	0,503	1396	13,35	105
220 × 11		11				31,2	25,5	0,506	1496	13,19	114
220 × 11,5		11,5				32,3	26,4	0,506	1550	13,10	118

220 × 12		12				33,4	27,2	0,507	1595	13,04	122
240 × 10	240	10	34	10		32,4	26,4	0,547	1865	14,77	126
240 × 11		11				34,9	28,5	0,549	1997	14,58	137
240 × 12		12				37,3	30,5	0,551	2127	14,42	148
260 × 10	260	10	37	11		36,1	29,5	0,591	2434	16,22	153
260 × 11		11				38,7	31,5	0,593	2605	16,00	163
260 × 12		12				41,3	33,7	0,596	2774	15,81	175
280 × 11	280	11	40	12		42,7	34,9	0,637	3333	17,44	191
280 × 12		12				45,5	37,1	0,639	3547	17,23	206
280 × 13		13				48,3	39,4	0,641	3757	17,04	221
300 × 11	300	11	43	13	4	46,8	38,2	0,681	4192	18,90	222
300 × 12		12				49,8	40,6	0,683	4459	18,70	239
300 × 13		13				52,8	43,2	0,685	4722	18,45	256
320 × 12	320	12	46	14		54,3	44,2	0,728	5525	20,12	275
320 × 13		13				57,5	46,8	0,73	5850	19,89	294
320 × 14		14				60,9	49,5	0,732	6168	19,68	313
340 × 12	340	12	49	15		58,8	48	0,772	6757	21,69	313
340 × 13		13				62,2	50,6	0,774	7152	21,34	335
340 × 14		14				65,5	53,6	0,786	7540	21,10	357
370 × 13	370	13	53,5	16,5		69,7	56,8	0,84	9469	23,54	402
370 × 14		14				73,4	59,8	0,842	9980	23,29	429
370 × 15		15				77,1	62,9	0,844	10483	23,06	456
400 × 14	400	14	58	18		81,5	66,5	0,908	12924	25,49	507
400 × 15		15				85,5	69,7	0,91	13573	25,24	538
400 × 16		16				89,5	73	0,912	14211	25,00	568
430 × 14	430	14	62,5	19,5		89,7	73,4	0,975	16460	27,70	594
430 × 15		15				94,2	73,9	0,976	17249	27,46	629
430 × 17		17				102,8	83,8	0,98	18853	26,95	700
430 × 19		19				111,4	90	0,984	20413	26,53	770
430 × 20		20				115	94,4	0,986	21180	26,30	804

2.3 Staalkwaliteiten

Normaal kwaliteitsstaal

Voor het casco-gedeelte van een schip worden speciale staalsoorten toegepast. Voor de normaal belaste gedeelten van het schip wordt staal toegepast met een treksterkte van 400 - 490 N/mm². Deze kwaliteitssoort wordt aangeduid met een hoofdletter A, B, D of E.

Deze staalsoorten kunnen gelast worden met de normale lasmethoden; er hoeven geen speciale voorzieningen worden getroffen.

Materiaalsamenstelling Hull-steel (dikte <50mm)				
Kwaliteit (grade)	A	B	D	E
Bereidingsproces	Oxy-staalproces Electro-oven	Oxy-staalproces Electro-oven	Oxy-staalproces Electro-oven	Oxy-staalproces Electro-oven
Kalmerings- methode				Volledig gekalmeerd, fijne kristalstructuur
Warmte- behandeling	-	-	-	Normaliserend gloeien
Samenstelling				
Koolstof %		Max. 0,21	Max. 0,21	Max. 0,18
Mangaan %		0,8 tot 1,4	0,6 tot 1,4	0,7 tot 1,5
Silicium %		Max. 0,35	Max. 0,35	0,1 tot 0,35
Zwavel %	Max. 0,05	Max. 0,05	Max. 0,05	Max. 0,05
Fosfor %	Max. 0,05	Max. 0,05	Max. 0,05	Max. 0,05
Aluminium %				0,015 -0,06
Treksterkte				
Minimaal gewaarborgde vloeigrens in N/mm ²	235	235	235	235
Max. treksterkte N/mm ²	400 -490	400 -490	400 -490	400 -490
Min. rek %	22	22	22	22
Kerfslagproef (Charpy)				
Kerfslagproef t in °C	nvt	nvt	-10	-40
Verrichte arbeid bij materiaal 10 x 10mm	-	27 Joule	27 Joule	27 Joule
<i>Bij een materiaaldikte <25 mm wordt er geen kerfslagproef afgenomen.</i>				

Kwaliteitsstaal met een verhoogde treksterkte

Voor zwaarder of dynamisch belaste delen worden andere staalsoorten gebruikt. Deze staalsoorten worden aangeduid met AH32/36, DH32/36 of EH32/36. In de "Rules and Regulations" worden ze "high strength steel" genoemd. "High strength hull steels" worden soms toegepast om het scheepscasco lichter te bouwen. Hierdoor kan het schip meer lading meenemen.

Zwaarder belast betekent dat het onderdeel een grotere constante spanning krijgt te verwerken dan andere constructiedelen.

Dynamische belasting betekent dat het onderdeel wisselend wordt belast. Er is sprake van afwisselend minimale en een maximale belasting van dat deel. Hierdoor kunnen vermoeiingsverschijnselen optreden die aanleiding kunnen geven tot scheuren en eventueel kunnen leiden tot een breuk.

Voorbeelden van zwaarder belaste onderdelen zijn: berghoutsgang, kielgang, onderdelen van kraanfundaties, fundaties waaraan hydraulische cilinders zijn gemonteerd.

Materiaalsamenstelling High strength Hull steel (dikte <50mm)						
Kwaliteit (grade)	AH32/36		DH 32/36		EH3236	
Bereidingsproces	Oxy-staalproces Electro-oven		Oxy-staalproces Electro-oven		Oxy-staalproces Electro-oven	
Kalmeringsmethode	Gekalmeerd		Gekalmeerd, met fijne kristalstructuur		Volledig gekalmeerd, fijne kristalstructuur	
Warmtebehandeling	Mat. dikte > 12,5 mm Normaliserend gloeien bij gebruik van Niobium		Op afspraak		Normaliserend gloeien	
Samenstelling						
Koolstof %	Max. 0,18		Max. 0,18		Max. 0,18	
Mangaan %	0,7 -1,6		0,9 -1,6		0,9 -1,6	
Silicium %	0,1 -0,5		0,1 -0,5		0,1 -0,5	
Zwavel %	Max. 0,04		Max. 0,04		Max. 0,04	
Fosfor %	Max. 0,04		Max. 0,04		Max. 0,04	
Aluminium %	Max. 0,06		0,015 -0,06		0,015 -0,06	
Niobium %	Max. 0,05		Max. 0,05		Max. 0,05	
Vanadium %	Max. 0,1		Max. 0,1		Max. 0,1	
Koper %	Max. 0,35		Max. 0,35		Max. 0,35	
Chroom %	Max. 0,2		Max. 0,2		Max. 0,2	
Molybdeen %	Max. 0,08		Max. 0,08		Max. 0,08	
Nikkel %	Max. 0,4		Max. 0,4		Max. 0,4	
Treksterkte	AH32	AH36	DH 32	DH 36	EH32	EH36
Minimaal gewaarborgde vloeigrens in N/mm ²	315	355	315	355	315	355
Max. treksterkte N/mm ²	440 -590	490 -620	440 -590	490 -620	440 -590	490 -620
Min. rek %	20	20	20	20	20	20
Kerfslagproef (Charpy)						
Kerfslagproef t in °C	0		-20		-40	
Verrichte arbeid bij mate- riaal 10 x 1mm	31 Joule	34 Joule	31 Joule	34 Joule	31 Joule	34 Joule

Deze staalsoorten las je met speciale lastoevoegmaterialen. Bij booglassen met beklede elektroden mag je alleen lassen met basische elektroden. Bij MIG/MAG-lassen moet je de materiaalsamenstelling van de lasdraad afstemmen op high-strength Hull steels en bij lassen met gevulde lasdraad moet je ook letten op het soort vulling in de draad.

Werking van legeringselementen

Het doel van legeringselementen is het verbeteren van de materiaaleigenschappen. Een belangrijke is het verhogen van de vloeigrens, hierdoor wordt de maximale treksterkte groter. Voor de constructeur is het belangrijk om te weten hoe hoog de vloeigrens is. Deze grens is van belang voor het in stand houden van de constructie. Als de scheepsbelasting boven de vloeigrens komt, dan gaat het materiaal vervormen. Dit laatste geeft risico op breuk.

Legeringselement		Eigenschap													
	Aanduiding	treksterkte	rek	vloeigrens	taaiheid	hardheid	koudbrosheid	warmbrosheid	slijtvastheid	hittevastheid	corrosievastheid	lasbaarheid	verspaanbaarheid	vervormbaarheid	carbidevorming
Koolstof	C	++	-	+	-	++			+			-	-	-	++
Chroom	Cr	++	-	+	+	+			+	+	++	-	-	-	++
Koper	Cu	+	+		+	+						-		+	
Mangaan	Mn	++	-	+	+	+	+		++			-		-	
Molybdeen	Mo	+	-	+		+				+	+				+
Nikkel	Ni	+	+	+	+	+			+	+	+		-	+	
Vanadium	V	++	-	+	+				+	+	+	-	-		
Silicium	Si	+	-	+	+	+			+		+		-	-	++
Zwavel	S							++				-	+		
Fosfor	P	+	-		--	+	++					-	+		

Legeringselementen en de invloed op de eigenschappen van staal