

## Metalen aan boord

Aike van der Hoeft, 04-09-2011

### Inhoud

<b>1. Overzicht</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Roestvrij staal</b> .....	<b>1</b>
Algemeen .....	1
Aanduidingen RVS .....	2
De jachtbouw en RVS .....	2
Is het 304 RVS, of 316? .....	2
<b>3. Koper</b> .....	<b>3</b>
Algemeen .....	3
De jachtbouw en (rood) koper .....	3
<b>4. Messing</b> .....	<b>3</b>
Algemeen .....	3
De jachtbouw en messing .....	3
<b>5. Brons</b> .....	<b>4</b>
Algemeen .....	4
De jachtbouw en brons .....	4
<b>6. Koper-Messing-Bronz</b> .....	<b>4</b>
<b>7. Aluminium</b> .....	<b>5</b>
Algemeen .....	5
De jachtbouw en aluminium .....	5
<b>8. Zink</b> .....	<b>5</b>
<b>9. Combinaties van vaste metalen ('galvanische corrosie')</b> .....	<b>5</b>
De galvanische reeks, van edel > minder edel .....	6
Galvanische corrosie voorkomen .....	6
<b>10. Bronnen</b> .....	<b>6</b>

### 1. Overzicht

In dit document worden de eigenschappen en mogelijkheden van metalen beschreven die aan boord van zeiljachten gebruikt worden. Aan de orde komen roestvrij staal, koper, messing, brons, aluminium, zink en combinaties van vaste metalen

Wat wij 'metalen' noemen zijn in bijna altijd mengsels van metalen in vaste (= gestolde) vorm. Men noemt zo'n mengsel een legering. Legeringen worden gemaakt door de metalen die gemengd moeten worden vloeibaar te maken, ze te mengen en dan te laten afkoelen.

Ik ben geen deskundige op het gebied van metalen. Ik baseer me op boeken, internetbronnen, eigen kennis en ervaring en op de kennis die ik van mijn vader kreeg, die in een metaalgieterij werkte.

### 2. Roestvrij staal

#### Algemeen

Roestvrij staal, je hoort eigenlijk 'roestvast staal' te zeggen, is een ijzerlegering die altijd veel chroom bevat. Daarnaast worden vaak ook nikkel en molybdeen gebruikt. Bij normaal gebruik in de atmosfeer vertoont roestvast staal geen corrosieverschijnselen, oftewel "het roest niet". Onder bijzondere omstandigheden roest het soms wel, bijvoorbeeld onder invloed van zout water. Naast corrosievast is roestvast staal ook hittevast.

De voornaamste roestvaste staalsoorten zijn: ferritisch, martensitisch en austenitisch.

Ferritisch: is magnetisch, niet hardbaar, bevat chroom, heeft een normaal koolstofgehalte, is redelijk roestwerend, wordt vooral toegepast in huishoud materialen

Martensitisch: is magnetisch, hardbaar, bevat chroom en veel koolstof, is erg hard, wordt gebruikt voor snijapparatuur zoals chirurgische messen

Austenitisch: bevat veel nikkel en chroom (samen 26%), is niet magnetisch, is niet hardbaar, is taai, is een slechte geleider voor warmte en elektriciteit, is goed lasbaar. Het austenitische RVS wordt toegepast in de apparatenbouw en de jachtbouw.

### Aanduidingen RVS

De twee soorten austenitisch RVS die het meest gebruikt worden noemen we in Nederland in het spraakgebruik 'RVS-304' en 'RVS-316'. Deze aanduidingen komen uit de VS.

1. Het American Iron and Steel Institute, AISI, noemt de ferritische en de martensitische chroomstalen de '400 serie', en de austenitische chroom-nikkelstalen de '300 serie' of de 'A-serie'
2. In Duitsland werkt men met 'Werkstoffnummer'; austenitisch RVS heet daar W4 (304) of W5 (316).

In Europa worden het AISI-nummer (A) en het Werkstoffnummer (W) veel gebruikt .

### De jachtbouw en RVS

In de jachtbouw wordt het austenitische RVS het meest gebruikt.

- RVS-304, ook wel A2 of W4 (74% ijzer, 18% chroom en 8% nikkel), mechanisch wat sterker dan 316, maar wat gevoeliger voor corrosie (roest)
- RVS-316, ook wel A4 of W5 (71% ijzer, 8% nikkel en 35 molybdeen), beter bestand tegen corrosie dan 304, maar iets minder sterk

Tegenwoordig zijn praktisch alle bouten, moeren, sluitringen en houtschroeven op zeiljachten van RVS. Relingpalen en scepterpotten zijn meestal van RVS, zo ook preekstoel, hekreling en zwemtrap. Vergeet de harpsluitingen en musketons niet, en de ringen in de zeilen.

De verstaging is vaak van RVS.

In de elektrische installatie worden soms RVS sluitringen gebruikt. RVS is echter een slechte stroomgeleider! De toepassing is daarom alleen verantwoord als de kabelschoen die ergens tegenaan geklemd wordt direct contact maakt met het onderdeel waar de elektriciteit vandaan komt, of naartoe gaat. Als de RVS ring tussen de kabelschoen en het contactpunt zit ontstaat er warmte, én de stroom wordt slecht doorgegeven. Niet doen dus.

### Is het 304 RVS, of 316?

Op de koppen van RVS bouten met een zeskantige kop, en ook op de moeren trouwens, staat vaak aangegeven met A2 of W4 (304), of met A4 of W5 (316), welke soort RVS het is. Boutjes met een ronde kop en schroeven hebben geen aanduiding. De normale bouwmarkten leveren bijna altijd 304 RVS.

Ik heb met 304 RVS moeren ooit een toiletpot in een zeiljacht vastgezet. Echter als je op zout water vaart gaan deze moeren na een seizoen roesten.

HECO, een betere leverancier van bouten en schroeven, levert om een voorbeeld te geven de HECO-fix-plus 4,0 x 50 Edelstahl A2 1.4567 met Torque-15 kop.

Austenitisch 304 RVS dus.

Er zijn bouten, moeren en schroeven van 316 RVS te koop, maar ze zijn twee keer zo duur als die van 304 RVS. Reparatiwerf Andijk Scheepstechniek werkt bijv. standaard met 316 RVS bouten, moeren en schroeven. Ook in de scheepswinkel van Jachtwerf De Grevelingen in



afb. 1 Kop van een RVS A2 boutje (304)



afb. 2 kop van een RVS A4 boutje (316)

Scharendijke verkoopt men bouten van 316 RVS. Deze twee voorbeelden zeggen niets over andere scheepswinkels en werven, maar van deze twee weet ik dat ze het hebben omdat ik er zelf ooit iets gekocht heb. Koop, als u de kans heeft, 316 RVS bouten, moeren en schroeven. Kost wat meer, maar dan heb je ook wat.

Als op het product niet aangegeven staat welke soort RVS het is, weet ik geen manier om de soort RVS te bepalen.

### 3. Koper

#### Algemeen

Koper, ook wel 'rood koper' genoemd, is een tamelijk zacht metaal dat niet snel corrodeert (roest). Als het corrodeert krijgt het een groene oxidelaag. Koper geleidt heel goed elektriciteit en warmte.

#### De jachtbouw en (rood) koper

Koper wordt in huidige de jachtbouw gebruikt voor

- Bedrading voor elektriciteit; duurdere kwaliteiten elektriciteitsdraad zijn ook nog eens vertind
- Verende sluitringen onder (messing) moeren op plekken waar hoge stroomsterktes te verwachten zijn, bijv. daar waar een accukabel verbonden wordt met een hoofschakelaar
- Kabelschoenen; deze moeten van koper zijn, en vertind; aluminium kabelschoenen komen ook voor, vermijd ze
- Gas- en brandstof leidingen

### 4. Messing

#### Algemeen

Messing, ook wel 'geelkoper' genoemd, is een legering van koper en zink. Het is een waardevol materiaal, vanwege zijn hardheid en goede zelfsmerende eigenschappen.

De naam *geelkoper* is afgeleid van de kleur. Messing is duidelijk geler dan zuiver koper. En ook geler dan brons, wat een legering van koper en tin is. Wanneer messing lang is blootgesteld aan de buitenlucht wordt het donkerbruin.

#### De jachtbouw en messing

In de houten scheepsbouw wordt al eeuwenlang messing gebruikt om beslag van te maken, omdat het redelijk sterk is en niet snel corrodeert (roest). Ook de schroeven en bouten in houten plezierjachten waren meestal van messing.

Vanaf 1960 wordt bij het maken van beslag in de jachtbouw steeds meer RVS -gebruikt. Op een Victoire zeiljacht uit 1986 bijvoorbeeld is niet veel messing meer te vinden. De pianoscharnieren voor de kastdeurtjes in het interieur zijn van messing, en hier en daar tref je messing boutjes en houtschroeven aan. De sluitingen van de bakskistdeksels zijn (denk ik) van verchromd messing. De waterpomp van de dieselmotor is van messing. Ook het brandstofpompje van de scheepskachel is ervan gemaakt, en sommige onderdelen van de stuurautomaat.

Onder water, en zeker in zeewater, houdt messing op den duur geen stand, het zink dat erin zit verdwijnt langzaam, het messing 'ontzinkt'. Zie voor meer info paragraaf 6.

## 5. Brons

### Algemeen

Brons is een legering van (rood) koper en maximaal 10% tin. Door de toevoeging van tin is het harder dan rood koper en het kan gemakkelijk gegoten worden. Als brons roest (corrodeert) krijgt het een groene kleur.

Brons met nikkel en aluminium houdt zich zeer goed in zeewater.

### De jachtbouw en brons

Vroeger, zeg 25 jaar geleden, was brons (men zegt vaak 'tin-brons') hét materiaal voor een huiddoorvoer. Grootste probleem: de prijs, tin is duur.

Er zijn een paar plaatsen op een zeiljacht waar tegenwoordig brons toegepast wordt.

In de hennegatskoker, waar de pen van het roer doorheen steekt en draait, komt u bronzen lagers tegen, maar ook kunststof.

De betere wantspanners zijn van brons, met vaak een laagje chroom erop.

De betere afsluiters en huiddoorvoeren zijn van brons. U komt ook veel afsluiters van messing tegen, maar de bronzen zijn veel beter, en duurder. Zie over het zo gevaarlijke ontzinken van messing par. 6 en 9.

En natuurlijk de scheepsschroef, die is van mangaanbrons of nikkel-aluminium brons.

Lieren zijn eveneens vaak van brons, maar dan met een laagje chroom erop.

## 6. Koper-Messing-Brons

Het lijkt zo eenvoudig: over elk metaal maak je een paragraaf. Bij koper, messing en brons loopt echter alles door elkaar. De onderstaande tabel<sup>1</sup> geeft overzicht van de legeringen die voorkomen.

Legeringen ↓	Cu	Sn	Zn	Pb	P	Al	Fe	Mn	As	Ni	Si
<b>Tin-brons</b>											
Gunmetal	88	10	2								
BS 1400-LG2	85	5	5	5							
BS 1400-LG4	88	7	2	3							
Fosfor brons	93,7	6			0,2						
<b>Ander brons</b>											
Nikkel-alum. brons	80					10	5			5	
Silicium brons	96							1			3
Aluminium brons	90-93					7-10					
<b>Messing</b>											
60/40 messing	60		40								
Admiralty brons	70	1	29								
Mangaan brons	58	1	38			1	1	2			
Naval messing	60	1	39								
DZR messing (Enkotal)	62	0,7	35,2	2					0,1		

Cu = koper, Sn=tin, Zn=zink, Pb=lood, P= fosfor, Al=aluminium, Fe=ijzer, Mn=magnesium, As=arseen, Ni=nikkel, Si=silicium

<sup>1</sup> Bron: Vyv Cox, in Practical Boat Owner, zie Bronnen

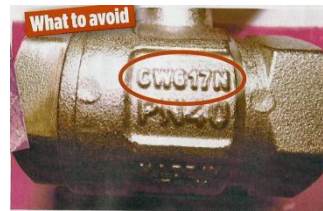
De zogenaamde tin-bronzen kunnen ertegen om onder water te verblijven, daarvoor werden ze dan ook in het verleden veel gebruikt. De vrij hoge prijs is echter een nadeel.

De groep daaronder ('Ander brons') is in de loop der jaren het tin-brons gaan vervangen. Silicium brons wordt tegenwoordig veel gebruikt voor scheepsschroeven, maar niet in de jachtbouw. Daar doet men het vaker met nikkel-aluminium brons.

Bij de groep Messing legeringen is de laatste soort het meest interessant: DZR messing, (DeZincification Resistant), oftewel ontzinkingsvrije messing. Deze legering ontzinkt niet onder invloed van zeewater en galvanische corrosie (zie ook paragraaf 9). Een huiddoorvoer van messing moet daarom absoluut van DZR messing zijn, vraag om een certificaat als u een messing doorvoer koopt.



afb. 3 DZR messing



afb. 4 60/40 messing, ook wel 'CW617N messing'

## 7. Aluminium

### Algemeen

Aluminium weegt een derde van staal. Het roest (corrodeert) wel, maar de dunne laag die daardoor ontstaat beschermt aluminium tegen verder corroderen. Het is een goede geleider van elektriciteit en warmte. Het is sterk, relatief licht en betaalbaar. Lassen kan, maar is niet gemakkelijk.

### De jachtbouw en aluminium

Er worden aluminium jachten gebouwd, maar dat is een andere tak van sport. Hier gaat het om de toepassingen aan boord.

Masten, gieken en genua- of spiebomen worden veel van aluminium gemaakt. Voetrailingen, kikkers, soms de railingpalen, zoals op de Etap.

Klinken met popnagels in een aluminium mast moet u met zogenaamde Monel popnagels doen.

Monel is een legering van Koper en Nikkel en zorgt ervoor dat er geen galvanische corrosie optreedt (zie ook paragraaf 9).

## 8. Zink

Zink werd in het verleden in het botenwereld gebruikt als roestwerende laag op staal (verzinkt staal). In de huidige jachtbouw wordt het gebruikt voor het maken van patronen die galvanische corrosie tegengaan (zie paragraaf 9) en voor het roestwerend maken van stalen ankers.

Bij polyester zeiljachten vindt u de zinkpatronen op de saildrive, op de geleider van de schroefas, soms op een kiel. Bij aluminium en zeiljachten monteert met ook zinkpatronen op de aluminium huid.

## 9. Combinaties van vaste metalen ('galvanische corrosie')

Als twee metalen in een vochtige omgeving met elkaar in contact komen, omdat ze bijvoorbeeld op elkaar geklemd worden, kan er zogenaamde 'galvanische corrosie' optreden: één van de twee metalen lost daarbij uiteindelijk op. Bijvoorbeeld een aluminium voetreling die met RVS schroeven bevestigd zit, oftewel het RVS en het aluminium worden tegen elkaar geklemd. De aluminium voetreling wordt na verloop van jaren aangetast daar waar er contact is met de RVS schroeven.

Deze corrosie heeft alles te maken met de zogenaamde 'galvanische reeks'. De galvanische reeks is een geordende lijst met metalen waarop de edele metalen bovenaan staan, en de onedele

onderaan. Bij een combinatie van metalen en galvanische corrosie gaat het minst edele metaal van de twee corroderen,

Een ander bekend voorbeeld is messing (koper-zink legering) dat onder water zit. Als er sprake is van galvanische corrosie verdwijnt het zink langzaam uit het messing, het zg. ontzinken, en blijft er rood koper over (zie ook paragraaf 6).

#### **De galvanische reeks, van edel > minder edel**

- Platina
- Goud
- Aquamet22 (austenitisch RVS)
- Roestvast staal 316
- Aquamet 17 (martensitisch RVS)
- Roestvast staal 304
- Nikkel-aluminum-brons
- Mangaanbrons
- Koper
- Tin
- Messing
- Staal C45
- Staal C35
- Staal C22
- Aluminium legering
- Zink
- Magnesium

#### **Galvanische corrosie voorkomen**

Galvanische corrosie kunt u voorkomen door de twee metalen die met elkaar in contact (gaan) komen van elkaar te scheiden door middel van een tussenlaag. Met een speciale pasta bijvoorbeeld (Dulac is een van de merken), die u aanbrengt tijdens het monteren. Of met kunststof ringen onder de RVS bouten waarmee bijvoorbeeld een aluminium overloop bevestigd zit.

Als de combinatie van twee metalen onder water zit wordt een andere truc toegepast om galvanische corrosie tegen te gaan. Men monteert op bijvoorbeeld de aluminium saildrive (zit altijd onder water), een stuk metaal dat lager staat in de galvanische reeks dan het aluminium waar de saildrive van gemaakt is: zink of magnesium. Dat stuk metaal wordt als het ware 'opgegeten' door de galvanische corrosie, en de saildrive zelf blijft op die manier intact. Wel elke winter even nagaan of het zink niet 'op' is en zo nodig een nieuw stuk zink plaatsen.

## **10. Bronnen**

1. [aluminium.matter.org.uk/content/html/dut](http://aluminium.matter.org.uk/content/html/dut)
2. [www.aluminiumcentrum.nl](http://www.aluminiumcentrum.nl)
3. [www.rvsinfo.nl](http://www.rvsinfo.nl)
4. [www.bosunsupplies.com/StainlessInfo2.cfm](http://www.bosunsupplies.com/StainlessInfo2.cfm)
5. Westerhuis, "Galvanische corrosie", Zeilen, dec. 2009, p 88-91
6. [www.corrosiehelpdesk.nl/inlrvs/cursus.html#B](http://www.corrosiehelpdesk.nl/inlrvs/cursus.html#B)
7. [nl.wikipedia.org](http://nl.wikipedia.org)
8. Calder, Nigel, "Boatowners mechanical and electrical manual", third edition, McGraw Hill, 2005
9. Cox, Vyv, "Where there's boats there's bronze", Practical Boat Owner, november 2010, p.76-77
10. [www.metalreference.com/INFO\\_Copper\\_Alloy\\_.html](http://www.metalreference.com/INFO_Copper_Alloy_.html)
11. "What every sailor needs to know about seacocks", Yachting Monthly, june 2011, p.70-73