

Voortstuwing van modelstoomsleepboot

Henk Valkhof



Dockyard V

In de Modelbouwer 2013 - nr 8 is het eerste artikel over het bouwen van een onder stoom varend scheepsmodel gepubliceerd. Ondertussen zijn er over de voortgang van de bouw diverse artikelen in het blad de Modelbouwer verschenen. In het laatste artikel, Voorbereiding inbouw stoominstallatie (Modelbouwer 2016 -9), heb ik de laatste stand van de techniek beschreven en aangegeven waar het volgende project onderdeel op is gericht: de voortstuwing, de schepsschroef, de straalbuis met de aansturing en de schroefas met de afdichting. Deze onderdelen zullen in dit artikel worden behandeld.

Eveneens had ik daarin aangegeven dat ook de besturing nog verder moet worden uitgewerkt. Ik wil namelijk op afstand op de zender o.a. de actuele keteldruk kunnen uitlezen. Ook over dit onderdeel zal ik U, in samenwerking met de programma ontwerper van deze Arduino toepassing, nader informeren.

Schepsschroef voorbereiding

In het eerdergenoemde artikel in de Modelbouwer van 2013 heb ik onder het hoofdstuk "Machine bepaling" aangegeven dat het machinevermogen was uitgerekend volgens de gegevens uit het boek "Handboek varende scheepsmodellen" van André Veenstra. In dit boek, hoofdstuk 6, staat ook de berekening van een schroef die hoort bij de "Modelsnelheid". Mijn schip, de Dockyard V, maakt in werkelijkheid op volle snelheid 9,5 knopen (een

knoop, nautical mile, is gelijk aan één boogminuut op de evenaar en heeft een lengte van 1.852m), de schepssnelheid is dus ongeveer 17,5 km/uur. Bij deze snelheid zou een modelsnelheid horen van 3,6 km/uur, dus 1m/sec. De bijbehorende schepsschroef, doorsnede van 80mm, is vastgelegd door de inwendige doorsnede (op schaal!) van de straalbuis, zie Modelbouwer 2016 nr 9, foto 12. De berekende spoed is 70 mm. De spoed is de afstand, die bij één omwenteling van de schroef wordt afgelegd. Door het lage rendement van modelschepsschroeven, grofweg voor een schroef met 4 bladen tussen de 70 en 80%, zou de effectieve modelsnelheid uitkomen op ongeveer 0,75m/sec. Dit is voor demonstraties in een vaarbak van 10 bij 10 m redelijk toepasbaar. De schepssnelheid komt dan theoretisch uit op 2,7 km/uur

De bovengenoemde uitkomsten heb ik met veel moeite uitgerekend aan de hand van de formules uit het bovengenoemde handboek. In het "Handboek Model Stoommachines" van Rob van Dort en Joop Oegema wordt ook de bouw van een schepsschroef uitgelegd. Echter in het artikel over het bouwen van een stoomsloep uit de Modelbouwer Juli/aug 1987, blz. 356, van wijlen Ad Oudes, heeft Ad het gehele hoofdstuk uit het eerdergenoemde handboek weergegeven in een simpele berekening en een vuistregel. Ik heb mij in mijn loopbaan vaak verwonderd over de toepasbaarheid van vuistregels. Een voorbeeld: In mijn eerste artikel in de Modelbouwer 2013/8, gebruikte ik in de paragraaf "Keuze scheepstype" een vuistregel voor de inschatting

van het draagvermogen van het te bouwen schip, Deze is: scheepslengte x ½ breedte x diepgang geeft het draagvermogen van het schip.

De huidige romp van de Dockyard V is na het opschalen van 1:25 naar 1:24 in verband met de benodigde inwendige ruimte voor de scheepsinstallatie:

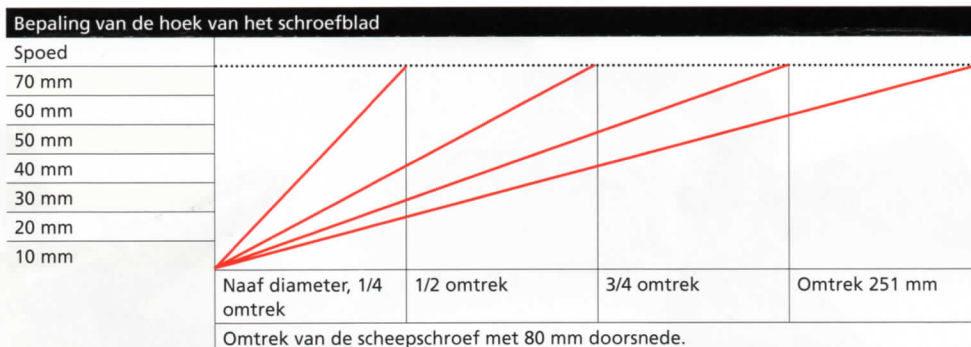
- Lengte 1040 mm
- Breedte 250 mm
- Diepgang 110 mm

Volgens mijn hierboven vermelde vuistregel, zou het draagvermogen 14,3 kg moeten zijn. Berekenen is goed, maar testen is beter. Daarom heb ik het draagvermogen van de scheepsrump getest in het met water gevulde bad. Hiervoor heb ik een personenweegschaal op het schip geplaatst en naar beneden geduwd. De personenweegschaal, gecorrigeerd met het rompgewicht, 3,1 kg, gaf een draagvermogen van ruim 16 kg aan. Waarschijnlijk is dit te verklaren, omdat de vorm van de romp van de Dockyard nogal "vol" is. Dit in tegenstelling tot de slanke rompvorm van de door de heer Oudes gebouwde stoomsloop, waarop mijn vuistregel was gebaseerd.

Stelling: indien men met een vuistregel, zeker bij modelbouw, binnen 10% van de werkelijkheid komt, is deze toepasbaar.

Scheepsschroefuitvoering.

De hoofdafmetingen van de schroef zijn nu bekend, spoed 70mm en doorsnede 80mm. De spoed wordt bepaald door de hoek van het blad van de schroef ten opzichte van de voortstuwing, dat is de afgelegde weg. Het gehele blad moet op elke doorsnede evenredig aan de voortstuwing deelnemen. Dat betekent dat de bladhoek voor elke doorsnede verschillend is. Uitleg: nemen we bijv. de doorsnede halverwege het schroefblad, kleinere omtrek, dan zal het blad veel schuiner moeten staan voor dezelfde afgelegde weg. Met behulp van de onderstaande grafiek zal ik trachten dit duidelijk te maken.



Verklaring van de grafiek:

Op de verticale as is de spoed van de schroef, d.w.z. de afgelegde weg bij één omwenteling, aangegeven.

Op de horizontale as zijn de deel- en totaal omtrek van de scheepsschroef aangegeven. De rode lijnen geven de hoek aan van het schroefblad op de bijbehorende omtrek (doorsnede).

Het is nu duidelijk te zien, dat voor het verkrijgen van een afgelegde weg van 70 mm, de bladhoek per doorsnede verschilt. De hoek van het schroefblad volgt uit de onderstaande berekening.

De tangens is de overstaande zijde gedeeld door de aanliggende zijde. De overstaande zijde is de spoed en de aanliggende zijde is de omtrek van de schroef. Het omzetten van een tangens naar een hoek zal geen probleem

zijn. Het bovenstaande heb ik met enige moeite via de formules uit het "Handboek varende scheepsmodellen" van André Veenstra berekend.

Nu terug naar de door wijlen heer Ad Oudes gemaakte berekening van de spoed van een schroef. Hij neemt als basis de scheeps-modelsnelheid in km/uur en deelt deze door het toerental van de scheepsmachine. Voor mijn Dockyard, snelheid 3,6 km/uur = 60m/min gedeeld door het toerental, circa 1.000/min, levert een spoed van 80 mm op ¾ deel van de omtrek.

De bij deze spoed behorende bladhoek: $\tan 80 / (3/4 \times 251) = 0,425$, ofwel een hoek van 23°. De uitkomst van mijn moeizame berekening was 21°! Dus ook hier zie ik weer een bevestiging van mijn stelling m.b.t. vuistregels.



Basisgegevens	Omtrek	Afgerond			
Schroef 80 mm	251,3274	251 mm			
Spoed. 70 mm	70 mm				
Hoek berekening.	Omtrek	Afgerond	Tangens	Hoek, afgerond	Uitvoerbaar
Schroef naaf. 20 mm	62,83	63 mm	1,111111	48°	45°
1/4 omtrek	62,75	63 mm	1,115538	48°	45°
1/2 omtrek	125,5	126 mm	0,557769	30°	30°
3/4 omtrek	188,25	188 mm	0,371846	21°	20°
1/1 omtrek	251	251 mm	0,278884	15°	15°

Scheepsschroef fabricage.

De schroef wordt, net als in werkelijkheid, een vierbladige schroef, die aangepast is voor gebruik in een als roer gebruikte straalbuis. De gebruikte straalbuis heeft een inwendige doorsnede van 80mm. Begonnen werd met het maken van de bladen. Ik heb al eerder geschreven dat ik een voorkeur heb voor het hergebruik van materiaal. De bladen

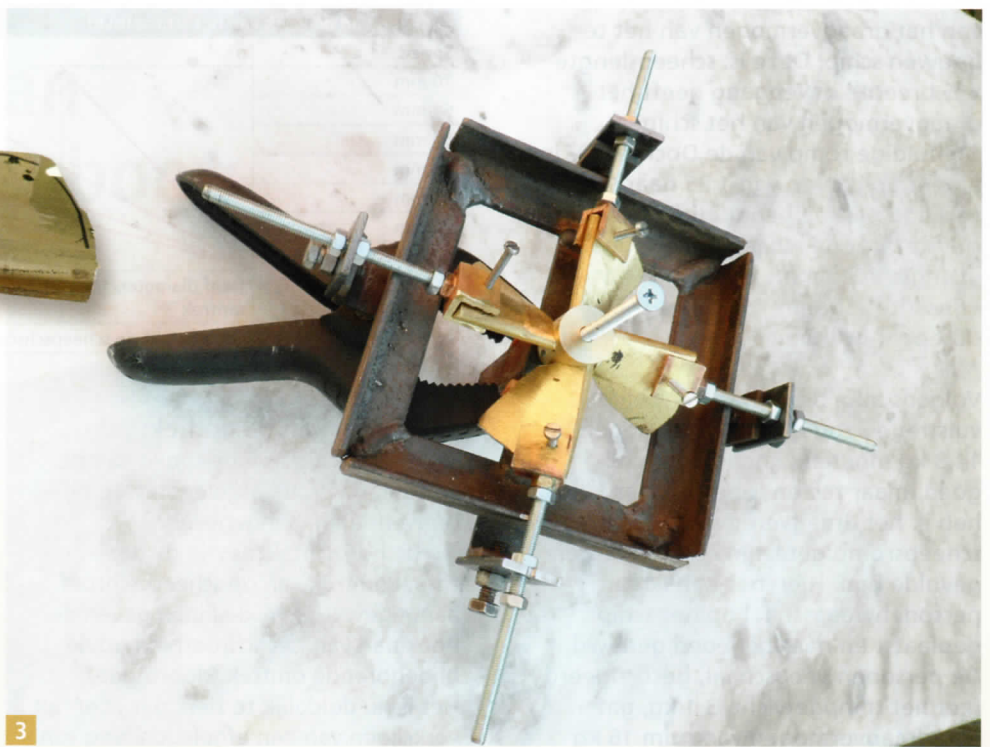


zijn gemaakt uit een messing tafelpoot, gekocht bij een metaalopkoper. Uit deze tafelpoot heb ik met een dunne slijpschijf een strip van 40 mm over de totale tafelpoot lengte gesneden. De benodigde lengte voor de schroefbladen, 4 stuks, heb ik vervolgens getordeerd. Ieder blad moest volgens de berekening over 30° verdraaid worden, dus voor 4 bladen betekent dit 120° . (Afb. 1).

Vervolgens de naaf met de gelijke diameter van de verlengde schroefaskoker gemaakt en hierin de sleuf voor de voet van de bladen onder de berekende hoek van 45° gefreesd. (Afb. 2).

Overigens, de naaf is wel naar achter verjongd voor een mooie aansluiting op de gestroomlijnde afsluitmoer. De volgende stap is het samensolderen (hardsolderen) van de naaf met de bladen. (Afb. 3).

De losse delen zijn ingeklemd in een houder. Mijn opstelling is een afgeleide van wat door Ad Oudes getoond wordt in het artikel over het bouwen van een stoomsloep uit de Modelbouwer Juli/aug 1987, blz. 356. Nogmaals,



de betreffende artikelen vormden de basis voor het bouwen van mijn stoomsloepboot. In afbeelding 4 wordt getoond, dat de stand van de bladen na het hardsolderen gecorrigeerd moet worden.

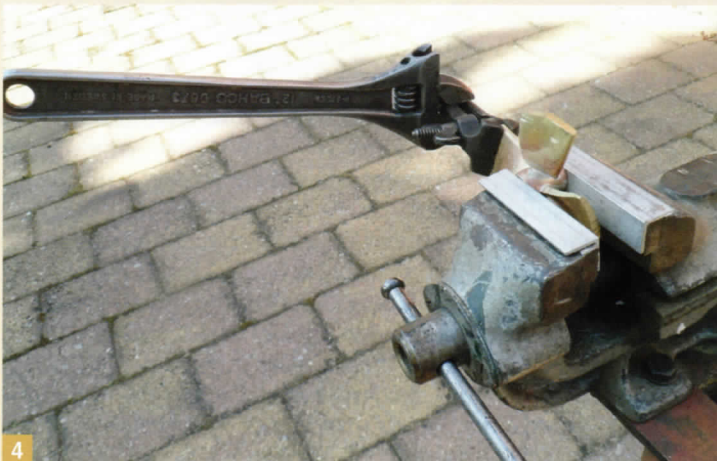
Het algemene advies is de bladen vooraf uit te gloeien. Dit heb ik niet gedaan, omdat ik met mijn gereedschap geen gelijkmatig uitgloeien kan bewerkstelligen. Het gevaar van harde en zachte delen met de bijbehorende ongelijkmatige tordering was reëel aanwezig. Het resultaat van de correctie is te zien op Afb. 5.

De stand van de top van het blad heb ik gecontroleerd met een hoekstuk van 15° gemaakt uit een oude museumjaarkaart. Als laatste is de schroef handmatig in vorm geslepen en gepolijst. Afb. 6.)

Leermoment, indien ik weer een schroef maak, zal ik de bladen met een toeslag van circa 20% torderen. Waarschijnlijk is dan het terugdraaien door de verhitting tijdens het hardsolderen zodanig, dat er geen moeizame correctie van de bladen achteraf meer noodzakelijk is, of slechts minimaal.

Schroefaslagering en -afdichting

De verlengde schroefaskoker biedt onverwachte voordelen voor het maken van het buitenste lager en de schroefasafdichting. Deze verlenging, met een buitendoorsnede van 20 mm, kan na inwendig uitdraaien op 16 mm, probleemloos aangepast worden voor de functie van achterste lagerhuis. In dit lagerhuis heb ik, van binnen naar buiten, het achterste lager (van Teflon) en als afdichting een



oliekeerring 16/5x6mm, gemonteerd. Deze laatste is met de lip naar buiten geplaatst en de roestgevoelige veer is, op advies van een medewerker van de firma Brammer, vervangen door een krappe O-ring. Door het aan de buitenzijde toepassen van een oliekeerring, heb ik een zeer goede en in de praktijk bewezen betrouwbare afdichting verkregen en heb ik er voor gekozen oliesmeerring toe te passen. Aan de binnenkant heb ik de schroefaskoker niet voorzien van het binnenlager, maar wel van een olievulnippel en een pakkingdrukker met als afdichtingsmateriaal vilt. In het grootbedrijf wordt vilt reeds sinds lange tijd toegepast als afdichtingsmateriaal in lagerblokken. Voor het binnenlager heb ik gekozen voor het maken van een stuwblok om zowel de lagering te verzorgen als de stuwkrachten van het voor- en achteruitvaren op te vangen.



6

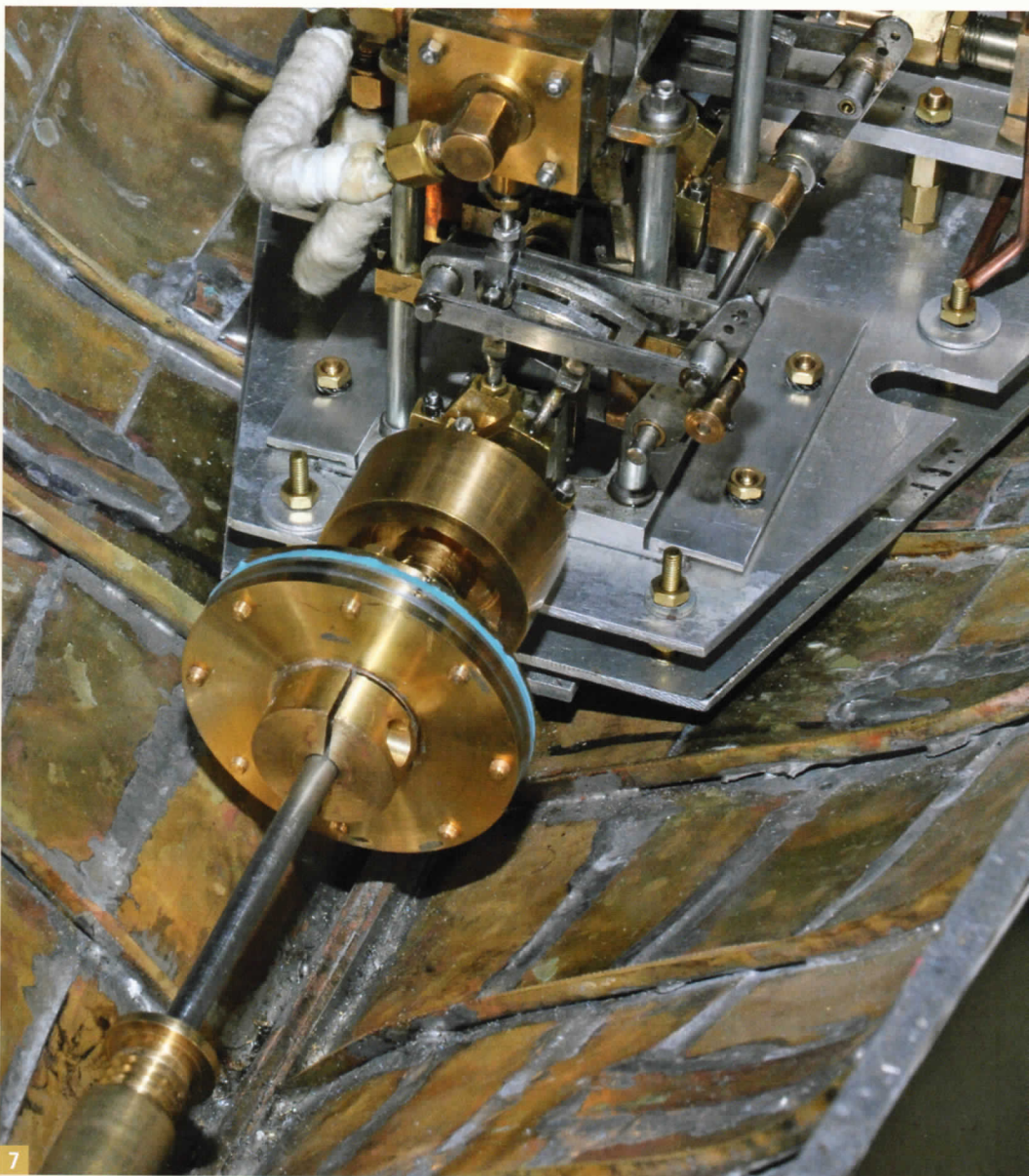
Schroefaskoppeling en schroefas

Voor deze koppeling had ik twee belangrijke eisen:

- 1 De nieuwe koppeling moet het draaivermogen overbrengen, zonder de verwachte axiale beweging van de schroefas bij voor- en achteruitvaren door te geven. Bijkomende eis, ook eventueel verschil in uitlijning tussen machine- en schroefas moest opgevangen worden.
- 2 Het moet mogelijk zijn om zonder verschuiving op de as de koppeling los te nemen.

Punt 1. De scheepsmachine mag niet door axiale krachten, opgewekt tijdens de voortstuwing, belast worden. Bij mijn scheepsmachine is het middelste krukaslager het vaste lager en de krukas kan zich slechts over minder dan 0,1 mm verplaatsen/instellen. Dit lager mag dus absoluut niet belast worden met axiale krachten, ook om vervorming van de krukas te voorkomen.

Als toepassing heb ik de flexibele schroefaskoppelingen, die oorspronkelijk onder de naam Periflex door het bedrijf Stromag geleverd werden, gebruikt. Deze koppelingen zijn oorspronkelijk ontworpen voor het trillingvrij aandrijven van de schroef door dieselmotoren. Het principe van deze koppeling is een flexibel rubber element ingeklemd tussen de flensdelen gemonteerd op de machine- en schroefas. Het op de machineas gemonteerde flensdeel is kleiner dan het deel op de schroefas. Door het



7

flexibele rubber element tussen de beide flensdelen wordt de verschuiving van de schroefas, door voor- achteruit varen met de bijbehorende axiale krachten, niet doorgegeven naar de scheepsmachine. De verdraaiing wordt wel doorgegeven, waarbij de trillingen opgewekt door de schroef door het rubberelement gedempt worden. Op de machineas zit het flensdeel met kleine diameter en op de schroefas het deel met de grotere diameter (Afb. 7).

Op afbeelding 8 is goed te zien, dat de koppeling eigenlijk bestaat uit 3 hoofdcomponenten:

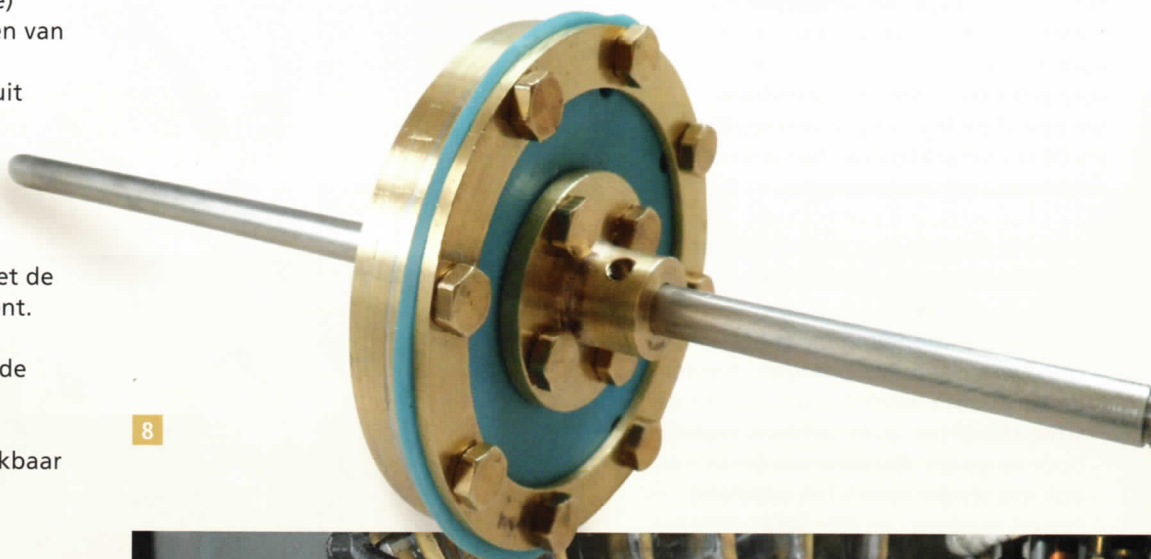
- Flenskoppeling voor montage op de krukas met de (niet zichtbare) tegenflens voor het vastklemmen van het rubberelement.
- Het rubberelement is gemaakt uit een siliconen bakplaat voor het bakken van koekjes, gekocht bij de Action.
- Flenskoppeling voor montage op de schroefas met een doorsnede van 52 mm samen met de klemflens voor het rubberelement.

Daar ik geen rondmateriaal ter beschikking had met de betreffende doorsneden, krukasdeel 24mm en schroefasdeel 52 mm, heb de naafdelen gemaakt uit wel beschikbaar rondmateriaal en de flenzen uit beschikbaar plaatmateriaal. Uit het plaatmateriaal heb ik na het uitzagen de overmaatse flenzen voor de montage op de naafdelen, de vulringen en de klemflenzen gedraaid. De overmaatse flenzen heb ik met hardsoldeer op de naven gesoldeerd. Van het eenvoudigste deel, het krukasdeel, heb ik op de draaibank de beide zijden van de flens afgedraaid, ter voorkoming van slingering. Dit deel wordt met een binnenzeskant stelschroef M3 vastgeklemd op de krukas. Het schroefasdeel is complexer. Na het hardsolderen van de overmaatse flens op de naaf heb ik hierop enkele vulringen gesoldeerd (zachtsoldeer). Vervolgens heb ik weer op de draaibank de buiten- en binnenkant met de opgesoldeerde ringen bewerkt. Alle zijden heb ik ter voorkoming van slingering afgedraaid. Daarbij is aan de binnenzijde voldoende diepte gecreëerd om de verwachte axiale verplaatsing van de schroefas mogelijk te maken. Punt 2. Mijn scheepsinstallatie, ketel, gastank, stoommachine en hulpapparatuur staan op één basisplaat/machinekamervloer. Deze basisplaat staat in hoogte afgesteld

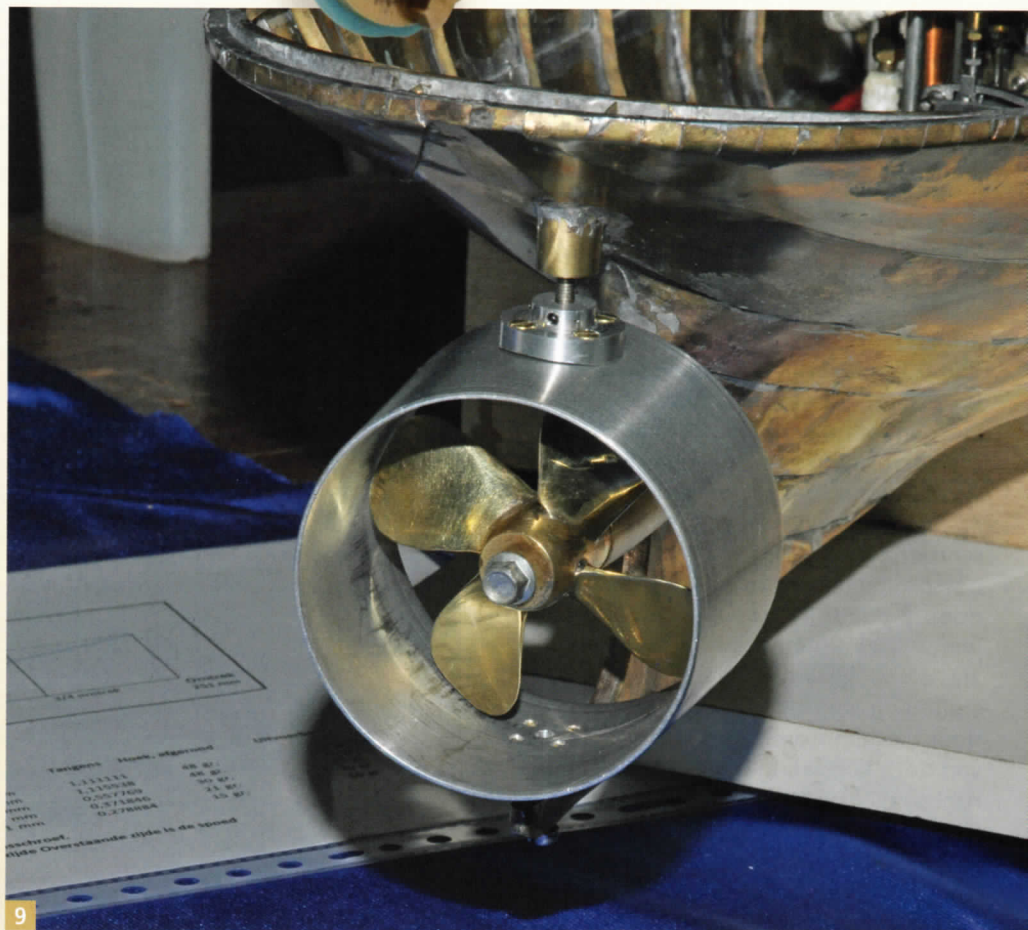
op 6 draadstiften en kan dus alleen verticaal uit het schip getild worden. Als oplossing heb ik ervoor gekozen om het naafdeel op de schroefas axiaal/horizontaal deelbaar te maken. De delen worden met binnenzeskantbouten M3, in ieder deel een bout, op de schroefas geklemd. Bijkomend voordeel, door het klemmen van de delen op de as zijn er geen stelschroeven nodig. De schroefas zelf heb ik gemaakt uit roestvaststaal, diameter 5mm, met M5 schroefdraad voor montage van de sloopschroef.

Montage en afstelling van de straalbuis

De straalbuis is gemaakt uit aluminium buis met een binnenmaat van 80 mm. De buitendoorsnede verloopt taps over een lengte van 55mm: van voor naar achter van 89 naar 84mm, dus tapsheid circa 1:10. Eerst ben ik begonnen met het opmeten en maken van de bevestigingszadels voor de straalbuis. Omdat ik geen gegevens had over de werkelijke straalbuis, heb ik aan de hand van de originele RDM-tekening 6092 (zie de Modelbouwer 2016-9) een inschatting



8



9

gemaakt van de positie. Aan de hand van deze inschatting en een mooie optische verdeling heb ik gekozen voor 2/5 aan de voorzijde en 3/5 deel aan de achterzijde. Misschien niet correct, maar optisch mooi in verhouding. Nu de verhouding (en daarmee de positie) is vastgelegd, ben ik begonnen met het bepalen van de afmeting van de straalbuis bevestigingszadels. Voor het vaststellen van de hoogte van het onder- en bovenzadel heb ik geen mal gebruikt, maar direct de scheepsschroef afgedraaid op de straalbuis doorsnede minus 0,5mm. Vervolgens heb ik de schroef op een hulpas via de verlengde schroefaskoker, zonder afdichting, als afstelmal gebruikt. Begonnen ben ik met het bovenzadel. Hierin heb ik voor de roerkoning M4 schroefdraad getapt en 4 bevestigingsgaten voor M3 schroeven op de straalbuis. Met de Dremel met schuurrol net zolang geslepen, tot ik een mooie passing op de straalbuis had. De draadstift M4 geschroefd in het zadel was een goede mogelijkheid om te testen of het zadel juist in lijn met het roerhuis stond. Dezelfde werkwijze heb ik vervolgens ook toegepast op het onderste zadel. Ondanks secure montage, bleek toch dat de schroef niet vrijliep. Na het afdraaien van de buitenomtrek van de schroef met ongeveer 0,5 mm, liep deze niet meer aan. Het moet wel vermeld worden, dat ik het schroefraam oorspronkelijk gemaakt had voor een roer en niet voor een straalbuis. Na het juist instellen van de plaats van de schroef, het hart van het schroefblad moet immers overeenstemmen met het draaipunt van de straalbuis, draait de schroef zonder de straalbuis, als deze verdraaid wordt, te raken. (Afb. 9).

Stuwblok, schroefas binnenlager. Als laatste onderdeel in de reeks heb ik het stuwblok voor het opvangen van de voortstuwingskrachten gemaakt. Dit stuwblok, dat dienst doet als schroefaslager is dicht achter de schroefaskoppeling geplaatst. (Afb. 10). Het dient tevens ter ondersteuning van het uitstekende schroefasgedeelte. Het lagerhuis is deelbaar en gemaakt uit aluminium. Het lager is uit teflon met grote kragen, waartegen de op de schroefas bevestigde stelringen drukken. Ik heb gekozen voor een teflonlager in het stuwblok, omdat teflon niet alleen een goed lagermateriaal is, maar het dempt ook trillingen (Afb. 11). Een bronzen lager zou de trillingen door onbalans in de koppeling en de scheepsschroef veel meer doorgeven.



De lagerstoel voor montage in het schip bestaat uit een onder- en bovendeel, materiaal messing strip dik, 1,5mm. Het onderste deel is vast in het schip gesoldeerd en het bovenste deel is voorzien van sleufgaten voor hoogte- en breedte aanpassing. Een goede afstelling van het stuwblok op de schroefas is dan ook eenvoudig realiseerbaar.

Vervolg

De kopfoto geeft aan hoe mijn schip erbij stond in oktober 2016. De volgende stap in het project is het onder stoom proefvaren. Dit wil ik uitvoeren na inbouw van de afstandsbesturing. Mijn verwachting is dat dit in de loop van februari 2017 gerealiseerd is. Ik hoop alleen, dat tegen die tijd de vaarbak niet is dichtgevroren! Wordt vervolgd.

