

Voorlopige bouwbeschrijving
Vertaling van het in kleurendruk uitgevoerde schutblad in de verpakking.

Stirlingmotor

**Kartonnen bouwplaat van een volledig functionerende Stirlingmotor
aangedreven door een kopje koffie of heet water.**

Looptijd tot 60 minuten.

Luxe goud opdruk,
gestanst karton
Door laser gesneden aluminium platen

Transparante hoofdcilinder

Stevige constructie uit 4 lagen
karton
Wrijvingsarme hard kunststof
lagers
krukas en drijfstangen van
verenstaal
Arbeidscilinder met latex
afdichting
Verdringerzuiger van
lichtgewicht schuimplastic

Vertaling van de Duitse zwart-wit bouwbeschrijving.

De Stirlingmotor

Bouwbeschrijving

Vliegwiel
Staander
Hoofdcilinderdeksel
Hoofdcilinderwand
Verdringerzuiger
Hoofdcilinderbodem

Handgreep
Aslager houder
Aslager
Krukas
Staander
Drijfstang
Arbeidszuiger
Arbeidscilinder
Hoofdcilinder
Verbindingsstuk van de hoofdcilinderwand

Lees, voordat u begint, ook de algemene bouw instructies goed door.
Deze algemene bouw instructies kunt u downloaden van www.ipacity.nl.

Ondanks de grote precisie bij het drukken en stansen kan het voorkomen dat sommige delen met schuurpapier of een hobbymesje iets moeten worden bijgewerkt, zodat ze goed in elkaar passen.

Motorterminologie:

Dode punt: Een zuiger maakt een op en neergaande beweging, in die beweging is er telkens een moment waarop de zuiger stil staat.

Bovenste dode punt: De zuiger gaat niet meer verder naar boven maar gaat ook nog niet naar beneden.

Onderste dode punt: De zuiger gaat niet meer verder naar beneden maar gaat ook nog niet naar boven.

Robert Stirling

Robert Stirling (1790-1878) was dominee van de Presbyterian church of Schotland en tegelijkertijd een fervente knutselaar en uitvinder. Zijn levensjaren vallen samen met de eerste jaren van industriële revolutie waarvan de vraag naar energie gestild werd door duizenden stoommachines (uitvinding van James Watt in 1776). Uit medelijden met de slachtoffers van de steeds weer exploderende stoomketels ontstond bij hem het idee van de ontwikkeling van een machine die zonder die hoge stoomdruk kon werken.

Op 27 september 1816 vroeg hij patent aan op een heteluchtmotor die in 1818 zo ver ontwikkeld was dat die voor een mijnschacht in Ayrshire als waterpomp ingezet kon worden. Samen met zijn broer ontwikkelde hij zijn machine verder waarmee hij een voor die tijd ongekeerde efficiëntie van 18% bereikte. Hij stierf op 6 juni 1878 op 87 jarige leeftijd.

Aan het begin van de 20^e eeuw waren er wereldwijd 250.000 Stirlingmotoren die als tafelfan, waterpomp of aandrijving van een klein apparaat ingezet werden en huishoudens en kleine ambachtsbedrijven van mechanische energie voorzagen. Door de steeds wijdere verspreiding van de Otto-, Diesel en elektromotor werden de Stirlingmotoren steeds verder van de markt verdrongen.

In onze huidige tijd met groeiend milieubewustzijn en eindeloos stijgende aardolie prijzen is men de eenvoudige en stille Stirlingmotor aan het herontdekken. Er worden ondertussen talloze varianten uitgevonden die steeds zuiniger stiller, en trillingsarmer worden en milieuvriendelijk met een willekeur aan warmtebronnen (waaronder ook zonne-energie) verwarmt kunnen worden.

Zo werkt een Stirlingmotor:

Het principe is geniaal van eenvoud en laat zich in vier stappen verklaren.

1. In een gesloten, aan één zijde verhitte (of gekoelde) cilinder (hoofdcilinder) schuift een zuiger (verdringerzuiger) de ingesloten lucht continu tussen de hete en koude zijde heen en weer.
2. De lucht wordt daardoor afwisselend verwarmt en afgekoeld waardoor het respectievelijk uitzet en krimpt, waardoor afwisselend een hoge en lage druk gerealiseerd wordt.
3. Deze steeds wisselende luchtdruk wordt door een met de hoofdcilinder verbonden zuiger (arbeidszuiger) via een krukas met vliegwiel omgezet in een draaiende beweging.
4. Een klein gedeelte van de energie wordt onttrokken om de verdringerzuiger te bewegen. Het systeem houdt zich zodoende zelf in beweging.

Fase 1:

De verdringerzuiger gaat naar boven. De lucht wordt van het koude naar het hete gedeelte verplaatst. Kortstondig is de luchtdruk binnen en buiten gelijk. De arbeidszuiger is in de onderste dode punt aangekomen.

Fase 2:

De verdringerzuiger is op het bovenste dode punt aangekomen. Alle lucht zit in het hete gedeelte, wordt verhit en de druk neemt toe. De luchtdruk is nu binnen hoger dan buiten. De arbeidszuiger moet daaraan toegeven en gaat naar boven.

Fase 3:

De verdringerzuiger gaat naar beneden. De lucht wordt van het hete naar het koude gedeelte verplaatst. Kortstondig is de luchtdruk binnen en buiten gelijk. De arbeidszuiger is in het bovenste dode punt aangekomen.

Fase 4:

De verdringerzuiger is op het onderste dode punt aangekomen. Alle lucht zit in het koude gedeelte, koelt af en de druk neemt af. De luchtdruk is nu buiten groter dan binnen. De arbeidszuiger moet daaraan toegeven en gaat naar beneden.

Deze AstroMedia Stirlingmotor behoort tot de familie van de Stirling vlakschijf motoren. Ze hebben een extreem platte hoofdcilinder en lopen al bij zeer geringe temperatuurverschillen, bijvoorbeeld wanneer je ze op je hand legt. Dit principe werd voor het eerst in 1983 door professor Ivo Kolin van de universiteit van Zagreb beschreven.

Enkele toepassingen van moderne Stirlingmotoren:

- Als zonne-energie centrale waarbij de hete kant van de hoofdcilinder in het brandpunt van een paraboolspiegel staat.
- Als centrale verwarming voor een eengezinswoning.
- Als energiecentrale in een ruimtesonde. Bij deze verbazingwekkende rol in de ruimtevaart wordt stroom opgewekt uit meegevoerde radioactieve energie met behulp van een Stirlingmotor.
- Als warmtepomp en koelaggregaat. De Stirlingmotor wordt dan extern aangedreven waardoor warmte van de ene naar de andere kant verplaatst wordt. Dit leidt tot verwarming of afkoeling.

Een regenerator verhoogt de efficiëntie enorm. Een in de verdringerzuiger aangebrachte kluwen metaalwol neemt een deel van de warmte uit de voorbij stromende hete lucht op en geeft die weer af wanneer de afgekoelde lucht voorbij stroomt.

Belangrijke opmerking vooraf:

Om er voor te zorgen dat de motor uiteindelijk moeiteloos op de bescheiden energie van een kopje heet water loopt, moet zoals bij elke motor ook de Stirlingmotor zeer zorgvuldig in elkaar worden gezet. Twee belangrijke criteria voor succes zijn:

1. De luchtdichte afsluiting van de hoofd- en arbeidcilinder
2. De soepele en wrijvingsarme loop van alle bewegende delen.

Let ook bijzonder op bovenstaande twee punten.

Neem uitgebreid de tijd en heb geduld, met name bij de fijnafstemming na de eigenlijke bouw. Uw beloning daarvoor is een mooi model met een bijzonder lange 'koffiekop looptijd'. Bouwstappen en tests die extra belangrijk zijn, zijn net als deze tekst dmv een kader extra opvallend gemaakt.

Lees, voordat u begint ook de algemene bouw instructies goed door. Hierin staan diverse tips onder andere over de juiste lijm. Deze algemene bouw instructies kunt u downloaden van www.ipacity.nl.

Dit heeft u nodig: (Buiten de items genoemd in de de door u apart gedownloadte algemene bouw instructies)

- Een **2-komponenten lijm** (bijvoorbeeld Bison Kombi Snel packshot) Dit is 2 componenten lijm die in twee aan elkaar gekoppelde spuitjes zit. Hierdoor is doseren erg gemakkelijk.
- Ontvettingsmiddel, bijvoorbeeld **spiritus**
- Een beetje dun vloeibare **olie** (niet dik wordende **siliconen** of naaimachine olie maar geen keukenolie) Het meest praktisch is een busje met een tuutje zodat de olie het precies aangebracht kan worden.
- Een **stokje**, bijvoorbeeld een satéstokje waarmee de lijm en olie precies aangebracht kunnen worden.
- Een grote **mok** of een schaal van 10 cm doorsnede waarop de hoofdcilinder geplaatst kan worden tijdens de bouw.
- Een **geodriehoek** om de haaksheid van een hoek mee te kunnen meten. Eventueel is dat ook met de haakse hoek van een vel papier mogelijk.
- Een dikke **viltstift** of iets anders met een diameter van 17 mm waar karton om rond gebogen kan worden voor de latex arbeidszuiger.
- Een klein spits **tangetje** of een krachtig pincet voor de fijnafstemming aan het eind.
- Een paar **knijpers**, een **potlood**, **plakband**, **elastiekje**, en wat dun **naaigaren**.

De inhoud van het pakket:

1. 4 Vellen karton, bedrukt en voorgestanst met een dikte van 0,5 mm.
2. 1 Plaat aluminium, diameter 126 mm (bodem van de hoofdcilinder)
3. 1 Plaat aluminium, 126 mm x 126 mm met 2 gaten (deksel van de hoofdcilinder)
4. 2 Stroken transparant PVC folie met een dikte van 0,5 mm en 18 mm breed. (wand van de hoofdcilinder)
5. 2 Buisjes messing 18 mm lang (doorvoer van de verdringerzuigerstang en de vassing van de arbeidszuigerstang)
6. 1 Siliconen slang, 110 mm lang. (verbinding van de zuigerstangen en ter fixatie van de aslagers.
7. 1 Latex handschoen (latex afdichting van de arbeidszuiger)
8. 1 Lichtgewicht schuimplastic schijf 113 x 8 mm met een gat (Verdringerzuiger)
9. 3 Veerstalen pennen, 1 mm diameter met aan het uiteinde een gebogen haakje (zuigerstangen)
10. 1 Veerstalen pen, 1,5 mm diameter 117mm lang met 2 krukken (krukas)
11. 4 Grote ringen van hard PVC (krukas lagers en drijfstanglagers)
12. 8 Kleine ringen van hard PVC (geleideringen voor de lagers)

Aanwijzingen voor een succesvolle bouw.

1. De bouwbeschrijving is in kleine stappen onderverdeeld. Het ziet er in eerste instantie uit als héél veel tekst maar daardoor blijft de montage overzichtelijk en leidt op een eenvoudige manier tot een success. Lees elke stap voordat u begint helemaal door.
2. Elk onderdeel is met een naam en een nummer gemerkt. De hoofdletters in de nummering volgt die van de paragrafen in de handleiding en blijft binnen de paragraaf gelijk. Het beste is om alleen die onderdelen te verwijderen die direct nodig zijn of schrijf het onderdeelnummer op de achterkant.
3. Trek de onderdelen niet uit het karton zonder de kleine verbindingstukjes eerst met een mes doorgesneden te hebben.
4. Daar waar het karton gevouwen moet worden is het geperforeerd wat voor het vouwen al voldoende is. De vouw wordt echter veel mooier indien er op de vouwlijn, met een stomp voorwerp, eerst een rand in het karton gedrukt wordt. De geperforeerde vouwlijnen worden allemaal naar voren gevouwen, sommige naar achteren.
5. De plaatsen waarop iets gelijmd moet worden zijn doorgaans grijs.
6. Grotere te lijmen vlakken moeten tijdens het drogen aangedrukt worden door bijvoorbeeld een paar boeken er op te stapelen.

Montage handleiding

De montage verloopt in **64 stappen** die in paragrafen **A t/m N** zijn onderverdeeld.

Paragraaf A:

Het vliegwiel

Hoewel het vliegwiel pas helemaal aan het eind aan de motor wordt bevestigd, is het direct noodzakelijk om bij het verlijmen van de hoofdcilinderwand als hulpwerktuig te dienen.

Stap 1: Breng een verticale potloodstreep aan op de grijze voorzijde van de beide middendelen van het vliegwiel [A1] en [A2] en ook op de onbedrukte achterkant van het buitendeel [A3] en aan het binnendeel [A4]. Neem pas daarna deze onderdelen uit het blad en verwijder de 6 trapeziumvormige stukjes uit de vier schijven.

Tip: *De potloodstreep markeert de looprchting (papier en karton hebben die altijd) van het karton. Het materiaal is in de looprchting flexibeler dan haaks er op. Deze looprchting kan bij het verlijmen gebruikt worden om het kartonnen onderdeel een verband zoals dat van multiplex te geven.*

Stap 2: Vanwege de geringe grootte is het gat, waarin de krukas later komt, in het centrum van de 4 schijven slechts gedeeltelijk voorgestanst. Druk die stukjes er, vanaf de achterkant, met behulp van de krukas uit. Vooraf kan, indien noodzakelijk, de cirkelvormige lijn voorzichtig met de punt van een breekmesje verdiept worden.

Stap 3: Lijm de beide middendelen van het vliegwiel [A1] en [A2] met de onbedrukte achterzijden precies tegen elkaar. De potlood strepen wijzen in dezelfde richting, de looprchting van beide delen is dus gelijk. Nadat de lijm gedroogd is wordt hierop het buitendeel [A3] en het binnendeel [A4] gelijmd, beiden met de strepen in dezelfde richting maar haaks op die van het binnendeel. Aandrukken en goed laten drogen.

Afbeelding 1

Stap 4: Neem de 3 ashouders van het vliegwiel [A5], [A6] en [A7] uit het karton, en vouw langs de lijnen naar voren (zie de door u separaat gedownloadte algemene bouwbeschrijving) De twee vlak bij elkaar liggende parallel ingedrukte lijnen zijn eveneens vouwlijnen, deze worden ook naar voren gevouwen. De wigvormige plakstrookjes (met de zwarte lijn en de opgedrukte schroefjes) worden later op het vliegwiel gelijmd. Van de twee andere plakstrookjes, (die met de dubbele parallelle vouw) wordt telkens een plakstrookje op het tegenoverliggende corresponderende stukje van de ander geplakt. Hierdoor ontstaat uiteindelijk een ster met drie benen waaraan aan de onderkant de plakstrookjes (met de zwarte lijn en de schroefjes) hangen. In het midden van de ster is (door de twee vlak bij elkaar liggende parallelle vouwlijnen) een kleine opening ontstaan waar de krukas in past. (zie afbeelding 1)

Stap 5: Steek het lange eind van de krukas vervolgens van onderaf in het centrum van de ster en maak zo het kanaal voor de as vrij. Trek dan de ashouder weer van de as af, steek de as van de andere kant er doorheen en bestrijk de plakstroken met lijm. Steek dan de krukas in het centrum van het vliegwiel aan de kant waar de markeringen voor de plakstroken van de ashouder zich bevinden. Schuif vervolgens de ashouder tegen het vliegwiel aan en lijm de 3 plakstrook-paren op de gemarkeerde plaats vast. Let er daarbij op dat het vliegwiel haaks op de krukas staat zodat het later bij het draaien geen 'slag' heeft. Trek de krukas er na het drogen weer uit, het vliegwiel wordt pas helemaal op het eind gemonteerd.

Paragraaf B:

Wand en bodem van de hoofdcilinder

Van de beide metalen plaatjes is de ronde de bodem van de hoofdcilinder. De andere plaat wordt het deksel. Door het fabricage proces kan het gebeuren dat de plaatjes dat de ene kant mooier is dan de andere. In dat geval moet u het zo monteren dat de minder mooie kant aan de binnenkant van de hoofdcilinder zit.

De wand van de hoofdcilinder bestaat uit 2 stroken transparant PVC die met elkaar verbonden zijn en een cirkel vormt. Vervolgens wordt het op de bodem verlijmd. Het vliegwiel is in dit stadium nodig om deze ring bij het verlijmen aan de bodem perfect rond te houden.

Stap 6: Neem, indien aanwezig, de beschermfolie van de beide aluminium platen. Het ronde plaatje wordt de bodem van de hoofdcilinder. Ontvet en reinig het met een doekje spiritus. Legt het vliegwiel precies in het midden op de lelijkste kant van het plaatje. Deze steekt dan aan alle kanten ongeveer 3 mm uit. Trek met een dun potlood of balpen de contour van het vliegwiel over op het plaatje zodat er een cirkel op ontstaat. Deze lijn helpt u later met het exact aanbrengen van de 2 componentenlijm. Reinig en ontvet nu ook meteen het andere plaatje, het toekomstige deksel van de hoofdcilinder, en de beide PVC stroken waaruit de wand van de hoofdcilinder gemaakt wordt.

Afbeelding 2

Stap 7: Lijm het middendeel van de hoofdcilinderwand-verbinding [B2] in het midden op de achterkant van het buitendeel [B1]. Omdat het middendeel even hoog, maar een derde smaller dan het buitendeel is ontstaat er aan beide zijanten een 6mm brede gleuf. Let er op dat er geen lijm in deze gleuf komt. Lijm daarna op het middendeel het andere buitendeel [B3]. Er is nu een vierkant verbindingsstuk ontstaan die aan twee tegenover elkaar liggende zijden een 6mm diepe gleuf heeft, waarin de uiteinden van de PVC stroken passen. (zie afbeelding 2). Doe hetzelfde met [B4], [B5] en [B6] die het andere verbindingsstuk vormt.

Stap 8: Schuur met schuurpapier de randjes van de kopse kanten van de PVC stroken licht op (tot ongeveer 4 mm uit de rand) Het opruwen van het kunststof geeft de lijm meer houvast op het anders te gladde oppervlak.

Tip: Bij de volgende twee stappen komt het er op aan om de ring van de cilinderwand zo groot te maken dat het nauwsluitend om het vliegwiel past dat als tijdelijke mal fungeert.

Stap 9: Neem een van de hoofdcilinderwand-verbinding en doe wat lijm in de beide gleufjes. Steek in beide gleufjes, met de opgeruwde kant, een strook PVC ongeveer 5 mm diep (dus niet helemaal). Wis voorzichtig eventuele overbodige lijm weg. Het vierkante stukje karton verbindt nu de beide delen van de cilinderwand tot een in totaal ongeveer 37 cm lange band. Lijm vervolgens aan een van de vrije uiteinden, de andere hoofdcilinderwand-verbinding (maar verbind het nog niet met elkaar tot een ring). Om er zeker van te zijn dat er bij de verbindingsstukken geen hoek in de strook ontstaat, dus dat de gehele strook kaarsrecht is, stoot u het geheel met een zijde tegen een geheel rechte rand. Fixeer, indien nodig, de lijmverbindingen met knijpers totdat het droog is. Goed laten drogen.

Stap 10: Leg het vliegwiel op uw werkblad en verbind vervolgens, zonder lijm de beide einden van de hoofdcilinderwand tot een ring. Het moet zich strak om het vliegwiel sluiten. Indien noodzakelijk moet een van de PVC stroken iets ingekort worden. Markeer hoe diep de einden van de cilinderwand in de gleuven ingevoerd moeten worden, zodat het vliegwiel er nauwsluitend in zit en vastgeklemd wordt. Lijm het geheel, behalve het er in liggend vliegwiel, vast tot een ring. Let er weer op dat er in de rand van de cilinderwand geen verspringing of hoek ontstaat. Fixeer de opstelling met knijpers en of klemmen en laat het goed drogen.

Stap 11: Schuif het vliegwiel zo in de ring van de cilinderwand, dat het klem zit. Indien nodig, kunt u het met een stukjes karton vastklemmen. Het moet iets boven het midden liggen en mag aan geen van beide kanten de cilinderwand raken. Het vliegwiel geeft stevigheid en een ronde vorm aan de flexibele cilinderwand. Het wordt pas in stap 15 verwijderd, als de cilinderwand stevig aan de bodem vastgelijmd is.

Stap 12: Plak op de minst mooie kant van de hoofdcilinderdeksel een stukje plakband over het kleine gaatje in het midden. Leg het aluminium plaatje met het strookje plakband naar beneden op het werkblad en steek een van de kleine messing buisjes in het gat. Dit wordt de zuigerstangvoering van de verdringerzuiger en wordt pas na de laatste stap vastgelijmd.

Stap 13: Maak voldoende 2-componentenlijm aan. Op de plaats van de ronde streep komt de cilinderwand. Breng op de bodem van de hoofdcilinder, aan beide kanten van de ronde streep, een niet te dunne rand lijm aan van een paar millimeter breed. Zet de cilinderwand met het vastgespannen vliegwiel op de lijmrand en draai het een paar millimeter naar links- en rechtsom. Hierdoor staat de rand van de cilinderwand overal in de lijm. Kijk van dichtbij heel goed of er de rondom in de hoek tussen cilinderwand en cilinderbodem overal lijm zit. Vul eventuele gaten op met een druppeltje lijm. Om er zeker van te zijn dat de cilinderwand overal aaneengesloten op het plaatje staat, kunt u er voorzichtig een boek of zo op leggen om het te verzwaren.

Test: Controleer, voor het geheel droogt, nog een keer of de cilinderwand niet is verschoven en nog precies gecentreerd op de cilinderbodem staat. Kijk daarvoor goed of de rand van het aluminiumplaatje overal even ver uitsteekt.

Stap 14: Stip met en tandenstoker een klein beetje 2-componentenlijm in de hoek tussen het messing buisje van de verdringerzuigervoering en de cilinderdeksel waar het is ingestoken. Draai, trek en duw het buisje voorzichtig zodat de lijm tussen het plaatje en het buisje goed verdeeld wordt. Aan de onderkant sluit het buisje vanwege het plakband precies aan met het oppervlak van de cilinderdeksel, het steekt niet uit.

Test: Controleer, voordat de lijm is uitgehard, met behulp van een geo-driehoek de hoek tussen het buisje en de cilinderdeksel. Deze moet aan alle kanten 90° zijn. De zuigerstangvoering moet exact haaks op de cilinderdeksel staan, anders loopt de verdringerzuiger in de hoofdcilinder later niet parallel met de cilinderbodem en –deksel.

Stap 15: Verwijder, nadat de lijm is uitgehard, het vliegwiel uit de hoofdcilinder. Controleer nog een keer dat de lijm tussen cilinderwand en –bodem, aan binnen- en buitenkant een ononderbroken rand vormen. Verwijder het

plakband van de hoofdcilinderdeksel en controleer van bovenaf, met behulp van een van de 3 zuigerstangetjes van dun metaaldraad, of die zich gemakkelijk doorheen laat bewegen. Duw eventuele lijmresten er met dit stangetje uit.

Tip: Voordat de hoofdcilinder helemaal vastgelijmd kan worden, moeten eerst de delen van de verdringerzuiger en de arbeidscilinder afgebouwd worden.

Paragraaf C:

De verdringerzuiger

De verdringerzuiger bestaat uit de kant en klaar geleverde 8 mm dikke schuimplastic schijf en een kartonnen bevestiging [C1] t/m [C10] (zie afbeelding 3), die in het gat in het midden aangebracht wordt. In deze houder wordt de zuigerstang van metaaldraad gemonteerd.

Stap 16: Duw, met het uiteinde van een zuigerstangetje, de kleine kartonnen rondjes uit de schijven [C1] t/m [C10] en lijm de schijfjes op elkaar tot een blokje. Controleer of de metaaldraad door het ontstane gat kan en of de schijven niet ten opzichte van elkaar verschoven zijn.

Belangrijk! Het lange draadeind moet loodrecht uit het blok omhoogsteken. De zuigerstang moet haaks op het blok staan.

Stap 17: In de schijfjes [C11] en [C12] loopt een smal, half gestanst, gleufje van het midden naar de rand. Snij deze gleufjes uit en verwijder het karton. Lijm beide schijfjes op blok [C1] t/m [C10], zodat de gleufjes precies op elkaar liggen. Steek dan de lange draad van een van de zuigerstangen zo in uit kartonschijfjes ontstane blokje, dat het kleine haakje aan het eind van de zuigerstang in de gleuf komt te liggen. Lijm in het midden daarop de grotere, bedrukte schijf [C13], waarbij het kleine gat in het midden genegeerd kan worden. Controleer nogmaals dat de zuigerstang loodrecht uit het blok steekt.

Afbeelding 3

Zuigerstang

Stap 18: Schuif, zonder lijm, vanaf de andere kant het schijfje [C14] over de zuigerstang en controleer hoe dik het blok is geworden ten opzichte van de schuimplastic schijf. Het kan door het lijmen variëren maar mag ongeveer 7 tot maximaal 7,5 mm dik zijn. In ieder geval niet dikker dan de 8 mm die de schuimplastic schijf dik is. Eventueel kan, met een scherp mesje, het laatste schijfje weer verwijderd worden. Lijm dan schijf [C14] vast. De schuimplastic schijf wordt pas na het drogen, in de stap hierna, in de kartonhouder geplaatst.

Stap 19: Steek, als de lijm gedroogd is, de kartonnen houder in het gat van de schuimplasticschijf. Het gat laat zich daarvoor genoeg uitrekken. De zuigerstang bevindt zich nu precies in het midden van de schuimplasticschijf. Controleer met de geo-driehoek of de stang loodrecht uit de schijf steekt.

Test: Steek de zuigerstang van de verdringerzuiger van onderaf in het messingbuisje in het deksel van de hoofdcilinder. Houd het geheel verticaal en draai, door aan de zuigerstang te draaien, de verdringerzuiger om zijn as. Hierdoor ziet u direct of de schuimplasticschijf echt loodrecht op de zuigerstang staat of dat er een slag in zit. Los dat zonnig op. Bij deze gelegenheid kan de haakse hoek tussen messing buisje en de hoofdcilinderdeksel ook gecontroleerd en evt gecorrigeerd worden.

Stap 20: Neem de verdringer zuiger stang weer uit de zuigerstangenvoering en fixeer de kartonnenhouder permanent aan de verdringerzuiger door een paar druppels lijm met een stokje tussen de buitenste kartonnen schijven en het schuimplastic aan te brengen. Voor de zekerheid moet dan nog een keer (zoals hiervoor) de hoek gecontroleerd worden. De probleemloze werking van de motor zal daar sterk van af hangen.

Stap 21: Duw, met het uiteinde van een zuigerstangetje, de kleine kartonnen rondjes uit de schijven [D1] t/m [D12]. Dit wordt de drijfstang voering houder. Lijm de grote kartonnen ring [D1] op het deksel van de hoofdcilinder door het over het messing buisje te laten zakken. Als het vanwege de, tussen het buisje en het deksel aangebrachte 2 componentenlijm niet plat aansluit moet het gat in het karton iets groter gemaakt worden. Lijm vervolgens daarbovenop de rest van de grotere ringen [D2] tot en met [D8] en daarna de iets kleinere delen [D9] tot en met [D12]. Er is nu een massief blokje ontstaan die de drijfstangvoering stabiliseert.

Paragraaf D:

De arbeidscilinder

Op blad 3/4 zijn de onderdelen van de arbeidscilinder [E1] t/m [E6] te vinden. Omdat voor blad 4/4 dezelfde matrijs wordt gebruikt treft u daarop dezelfde onderdelen aan die echter niet direct noodzakelijk zijn. Ze zijn gemerkt met "reserve". Bewaar deze stukjes om er eventueel beschadigde onderdelen mee vervangen. De arbeidscilinder (afbeelding 4) bestaat uit een kleine kartonnen cilinder [E2, E3] die op grondplaat [E1] gemonteerd is. Aan de

bovenkant zit een uitstekende rand [E4]. De arbeidscilinder komt op het grote ronde gat in de hoofdcilinderdeksel. De arbeidszuiger (afbeelding 5) bestaat uit een blokje van kartonnen ringen [F1 t/m F10] met een latex afdichting die van een vinger van de bijgeleverde latex handschoen wordt gemaakt. De zuiger is boven in de latex afdichting gelijmd die over de arbeidscilinder gestroopt en afgebonden wordt. Het zorgt voor zowel afdichting als beweeglijkheid. Om de latex te maskeren wordt helemaal aan het eind de buitenwand [E5 + E6] om de arbeidscilinder gelijmd.

Afbeelding 4

Stap 22: Maak de binnenwand van de arbeidscilinder [E2] gelijkmatig cilindrisch rond door het over een rand te trekken of om een dikke viltstift of zo te wikkelen. De grijze plakstroken voor de verdikte rand, is de bovenkant. Maak ook een ronding in het verbindingsstuk voor de binnenwand [E3]. Laat de randen van de cilinderwand precies tegen elkaar stoten en lijm het verbindingsstuk er achter. Buig en druk de cilinderwand voorzichtig in de juiste vorm.

Stap 23: Verwijder het schijfje uit de grondplaat van de arbeidscilinder [E1] en vouw de 14 naar binnen wijzende trapezium vormige plakstroken sterk naar voren. Plaats, op proef, de binnenwand van de arbeidscilinder zo op de krans dat de plakrandjes zich binnenin de cilinder bevinden waarbij de grijze plakmarkering op de cilinderbinnenwand boven ligt, dus niet bij de tandenkrans. Lijm de cilinderwand in deze positie met niet te weinig lijm op de tandenkrans vast.

Belangrijk: De cilinderwand moet naadloos op de grondplaat aansluiten. Er mag absoluut geen lucht tussen de cilinderwand en grondplaat door ontsnappen. Om te bereiken dat is het noodzakelijk om de trapeziumvormige plakstrookjes rijkelijk met lijm in te smeren, met name de overgang tussen grondplaat en cilinder. Laat het geheel goed drogen en smeer het, na het drogen, zekerheidshalve nogmaals in met lijm.

Stap 24: Geef de rand [E4] op de zelfde manier als in stap 23 een gelijkmatig ronde vorm. Lijm het met alleen het midden precies op de bestaande naad in de cilinder vast. (De naden van de cilinder en de rand zitten dus niet bij elkaar maar tegenover elkaar) Wikkel dan de uiteinden van de rand verder om de cilinderwand en maak het op maat zodat ze precies tegen elkaar stoten. Lijm het daarna vast. Vul eventuele openingen op met lijm, of karton als het grotere openingen zijn.

Paragraaf E:

De arbeidszuiger

Stap 25: Snij, gemeten vanaf de vingertop, de wijsvinger van de latex handschoen op een lengte van ongeveer 3,5 tot 4 cm af. Stroop de latexvinger over de top van een potlood zodat de punt precies in het bovenste topje drukt. Pak de latexvinger onder de punt zo beet dat deze als een klein knopje tussen uw vingers tevoorschijn komt en verwijder het potlood. Knip met een schaar precies zoveel latex af dat exact in het bovenste topje van de latexvinger een gaatje ontstaat van 4 tot 6 mm diameter.

Tip: Uit de andere vingers en de duim is altijd een vervanging te maken. De kartonnen ringen [F1] en [F3] van de arbeidszuiger hebben geen gat. Zij worden in de volgende stappen van binnen en van buiten op de latex afdichting gelijmd waardoor het gaatje weer gesloten wordt.

Stap 26: Stroop de latexdichting over het vlakke, stompe uiteinde van een dikke viltstift ofzo met een diameter van 17mm. Fixeer het door er een elastiekje om heen te wikkelen. Span de latex afdichting tot de top met het gaatje glad op het vlakke uiteinde van de stift ligt. Lijm de kartonnen schijf [F1] er precies in het midden op.

Belangrijk: Het is noodzakelijk dat het topje van de voormalige latexvinger precies boven ligt zodat de kartonnen schijf midden op de latexdichting zit. Er mag geen lijm onder de schijf uit lopen aangezien dat lijm laagje hard wordt en de flexibiliteit van de latex ontnemt.

Stap 27: Trek de latex dichting van de viltstift af, keer het binnenstebuiten en stroop het opnieuw over de viltstift. Het kartonnen schijfje [F1] zit nu aan de binnenzijde. Lijm schijf [F3] precies op dezelfde plaats op schijf [F1]. De beide schijven zijn nu niet alleen via de latex maar ook rechtstreeks via het gaatje met elkaar verbonden.

Afbeelding 5

Siliconenslang
Messing buisje

Stap 28: Verwijder de kartonrestjes uit de gaten van de overige kartonnen schijven van de arbeidszuiger door ze er bijvoorbeeld vanaf de achterzijde met het tweede kleine messing buisje door te stoten. Lijm vervolgens de grotere schijven [F2], [F4], [F5] en als laatste [F6] op elkaar, dan op dit blok de kleinere schijven [F7], [F8], [F9] en

als laatst [F10], telkens met de gaten precies over elkaar. Test of het messing buisje zich door het gestapelde blok steken laat.

Stap 29: Snij een stukje van 16mm lang van de siliconen slang af en schuif het einde ongeveer 5mm ver over het messing buisje. Het dient later als koppeling tussen de arbeidszuiger en de zuigerstang. U maakt het zich daarbij gemakkelijk indien u een stangetje als hulpwerktuig door het buisje steekt en vervolgens het slangetje eerst over het stangetje en vervolgens over het buisje schuift. Neem vervolgens het stangetje weer weg en druk en draai het slangetje goed op het buisje tot halverwege het slangetje. Controleer voor de zekerheid nog eens of het buisje schoon is door er een stangetje doorheen te steken. Lijm het buisje in het kartonblok en vervolgens het kartonblok op schijf [F3], die op de latexdichting zit.

Hiermee is de arbeidszuiger klaar en kan in de cilinder gemonteerd worden.

Paragraaf F:

Montage van de arbeidscilinder en arbeidszuiger.

Stap 30: Stroop, na het drogen, de latex afdichting van de arbeidszuiger over de dikkere rand [E4] om de opening van de arbeidscilinder (zie afbeelding 6). Trek en schuif de latexfolie aan alle kanten over de rand totdat de arbeidszuiger met het messing buisje precies in het midden van de arbeidscilinder staat en loodrecht omhoog wijst. Het kartonblok van de arbeidszuiger moet daarbij tussen 6 en 8 mm boven de arbeidscilinder uitsteken. Wanneer u het in de arbeidscilinder drukt zinkt het zo'n beetje de gelijke afstand van 6-8 mm er in. De slag bedraagt zodoende bij elkaar bijvoorbeeld $6+6=12$ mm. Het kan ook iets meer of minder zijn maar niet minder dan 10mm. Als u de arbeidscilinder boven een liggende liniaal houdt en de arbeidszuiger in en uit beweegt kunt u de slag precies bepalen en indien nodig corrigeren.

Afbeelding 6

Zuigerstang
Siliconenslang
Messing buis

Eerste functioneringstest arbeidszuiger:

Test zorgvuldig of het kartonblokje met het messingbuisje zich licht en zonder weerstand in en uit laat bewegen. Het blok moet in het midden van de latexafdichting zitten en deze moet aan alle kanten een gelijkmatige spanning hebben. Er mag zich geen ongelijkmatige bobbel vormen die de beweging van de zuiger bemoeilijkt. Dit laat zich meestal verraden door een ploppend geluid. Probeer in dat geval het vrij bewegende deel van de latexverbinding te verruimen en het blok hoger of lager te stellen zodat het tijdens de hoogste fase meer in de cilinder of er meer bovenuit komt tot de gewenste weerstandsarme beweeglijkheid van de arbeidscilinder bereikt is. Aan het eind moet de slag in ieder geval minstens 10mm bedragen. In het geval u de latexafdichting zou moeten vernieuwen is er daarvoor in ieder geval nog reserve.

Afbeelding 7

Stap 31: Wikkel, onder de rand, meerdere lagen dun naaigaren en knoop het vast. Dit is om de latex afdichting te fixeren en luchtdicht af te sluiten.

Stap 32: lijm de grondplaat van de arbeidscilinder over het gat in het deksel van de hoofdcilinder.

Belangrijk: *Gebruik rijkelijk lijm waardoor er een luchtdichte verlijming ontstaat. Controleer ook vanaf de onderzijde dat het naadloos aansluit en luchtdicht verlijmd is. Het is niet nodig en ook niet zinvol om ook de arbeidscilinder met 2 componenten lijm op de hoofdcilinderdeksel te lijmen. Gewone hobbylijm biedt voldoende lijmkracht en afsluiting tussen karton en aluminium en heeft bovendien het voordeel dat de arbeidscilinder met een scherp mes naar behoefte ook weer van het plaatje verwijderd kan worden.*

Paragraaf G:

De eindmontage van de hoofdcilinder

Stap 33: Snij een stukje van 16mm lang van de siliconen slang af en schuif het 5mm op het messing buisje van de verdringerzuigervoering dat uit het midden van de hoofdcilinderdeksel steekt. Doe dit op de zelfde manier als in stap 29 door vanaf de onderzijde een van de drijfstangetjes door het buisje te steken. De slang van bovenaf achtereenvolgens op het stangetje en vervolgens op het buisje schuiven. Als laatste het drijfstangetje weer verwijderen.

Stap 34: Plaats een bakje op uw werkblad dat groot genoeg is. Leg het deksel van de hoofdcilinder er ondersteboven op. De erop gelijmde arbeidscilinder, het messing buisje en het er net overheen getrokken slangetje

hangen naar beneden in het bakje. Schuif nu de verdringerzuigerstang met het stangetje in het messing buisje. De drijfstang laat zich er nu zo ver in schuiven tot het in het siliconenslangetje aan de andere kant van het buisje blijft steken. De schuimplastic schijf van de verdringerzuiger blijft daardoor ongeveer 14mm boven de cilinderdeksel staan. Plaats de bodem, met de er op gelijmde cilinderwand, van de hoofdcilinder ondersteboven over de verdringerzuiger en druk deze daarmee zover naar beneden, totdat de rand van de cilinderwand de daaronder liggende deksel van de hoofdcilinder raakt.

Belangrijk: De verdringerzuiger moet diep genoeg staan omdat anders de cilinderwand niet aan het deksel gelijmd kan worden. Het moet echter ook hoog genoeg staan om te voorkomen dat het in contact komt met de 2 componentenlijm die in de volgende stap gebruikt wordt.

Stap 35: Draai de cilinderbodem zo dat de kartonnen verbindingstukken van de cilinderwand in de gewenste richting wijzen bijvoorbeeld naar de rondingen in het cilinderdeksel en richt het zo uit dat de cilinderwand aan alle kanten een gelijke symetrische afstand tot de kanten van de cilinderdeksel hebben. Overtuigt u zich er van dat de verdringerzuiger binnenin aan alle kanten ongeveer evenveel afstand tot de cilinderwand heeft (ongeveer 3 mm) en nergens de rand aanraakt. Maak een markeringslijn op de cilinderdeksel door met een potlood de cilinderwand over te trekken. Haal de cilinderbodem er weer af.

Tip: Het metaalplaatje is niet cirkelvormig zoals de cilinderbodem, het bestaat uit een samenvoeging van een cirkel en een rechthoek. Met 126x126mm heeft het echter dezelfde buitenmaten en zijn rondingen stemmen overeen met de cilinderbodem.

Stap 36: Meng een hoeveelheid 2-componentenlijm en breng een dikke rups op het cilinderdeksel aan, over en iets binnen de viltstiftlijn, daar, waar de cilinderwand het deksel raakt. Let daarbij goed op dat er geen lijm op de verdringerzuiger komt want vastgelijmd aan de binnenkant zou het onbeweegbaar worden. Zet nu voorzichtig de cilinderbodem weer op het deksel, met de rand van de cilinderwand in het lijmspoor. Draai de bodem iets heen en weer zodat de lijm gelijkmatig verdeeld wordt. Controleer of er overal lijm zit in de hoek tussen de cilinderwand en het deksel. Stip zonodig de stukjes aan waar geen lijm zit. Verzwaar eventueel de cilinderbodem met een boek of zo en laat de lijm rustig uitharden na eerst gekeken te hebben of de bodem niet verschoven is en overal de afstand tussen bodemrand en cilinderwand gelijk is. De luchtdichtheid van de verlijmingen tussen wand, bodem en deksel van de hoofdcilinder is een absolute vereiste om de motor later te laten functioneren. Laat eerst alles goed uitharden.

Dichtheidstest: Na het uitharden van de lijm kan de luchtdichtheid van het systeem getest worden. Neem daarvoor bodem en deksel van de hoofdcilinder tussen duim en wijsvinger en druk de plaatjes ergens in het midden met snelle, korte bewegingen in. De druk van de ingesloten lucht neemt hierdoor toe en omdat het nergens naar toe kan, zal het de arbeidszuiger naar boven duwen. Als alles dicht is zal de zuiger omhooggaan en zo blijven staan bij indrukken. Pas bij het loslaten gaat hij weer omlaag. Gaat hij niet omhoog of blijft hij bij aanhoudende druk niet omhoog staan dan is er ergens een lek dat eerst gesloten moet worden. Alle met lijm gedichte openingen komen in aanmerking. (lees ook de paragraaf hierover aan het eind van de bouwbeschrijving)

Stap 37: Schuif het siliconenslangetje zo ver van het messing buisje in het midden van de hoofdcilinder af, dat het nog wel op de laatste ca. 5 mm. van de zuigerstang van de verdringerzuiger blijft zitten. Later wordt er in de nog open andere kant de verdringerzuigerstang geschoven die verbonden is met de krukas. Het slangetje verbindt beiden tot een geheel en werkt direct als een soepel scharnier. Het andere slangetje op het messing buisje van de arbeidszuiger wordt niet verwijderd, het blijft altijd op deze plek.

Eerste praktijkbenaderende functioneringstest: Zet de hoofdcilinder op een kopje met kokend water, wacht ca. 20 sec. tot het onderste plaatje verhit is en beweeg dan de verdringerzuiger aan de zuigerstang zoals het later door de krukas zal gebeuren. Als alles dicht is beweegt de arbeidscilinder, zij het iets verlaat, in een gelijk ritme mee op en neer. Dat is ook meteen de gelegenheid om de souplesse van de verdringerzuigerstang te controleren, met name de latex afsluiting van de arbeidszuiger. Als u de indruk heeft dat u de afsluiting moet aanpassen is het nu de beste tijd daarvoor. Haal het kartonnen blok met het messing buisje zo van de latex sluiting af, dat alleen een dun papieren coating achterblijft. Snij een nieuw kartonschijfje voor het binnenste en ook een nieuwe latex sluiting. De rest gaat als beschreven in paragraaf E. Deze handeling kan ook later nog gedaan worden, maar de arbeidscilinder zal dan niet meer zo makkelijk toegankelijk zijn als nu.

Paragraaf H:

De standaard.

Stap 38: Lijm de middelen van standaard 1 [G1] en [G2] met de achterkanten op elkaar. Let goed op dat de contouren precies op elkaar liggen. Indien nodig kunt u de delen tijdens het drogen met een boek verzwaren om het goed vlak te laten worden.

Afbeelding 8

Stap 39: De vouwlijnen van het middendeel van standaard 1 [G3] zijn met kleine sneetjes gemarkeerd. Zo als in de inleiding staat beschreven wordt de vouw netter als u over de lijntjes met liniaal en bijv. een stomp mes een rillijn maakt. Niet snijden! Vouw langs alle gegroefde lijnen naar voor. Bestrijk dan niet het standaardmiddendeel [G3], maar een kant van het middendeel [G1+G2] met lijm en plak het op de onbedrukte achterkant van het standaard binnendeel. Let daarbij weer op nette contouren.

Opmerking: De reden om geen lijm op de achterkant van het binnendeel aan te brengen zijn de uitsparingen aan de bovenkant die het middendeel wel heeft en het buitendeel niet. Daardoor ontstaan na het vastlijmen een halfronde en twee lange holle uitsparingen voor de aslagerschijf van de krukas en de steekvoetjes van de aslagervatting. Daarin mag geen lijm lopen.

Stap 40: Groef ook de vouwlijnen van buitendeel van standaard 1 [G4] en vouw beide zijsteunen naar achter. Bestrijk weer het middendeel en lijm het passend op de onbedrukte achterkant van het standaard buitendeel.

Stap 41: Lijm als laatste beide zijsteunen van binnen- en buitendeel samen, zodat ze na droging haaks op de standaard staan en de contouren weer netjes op elkaar liggen.

Stap 42: Bouw op gelijke wijze standaard 2 uit de delen [G5], [G6], [G7] en [G8] en schrijf uw naam in het eigendomsplaatje.

Paragraaf I:

De beugelgreep en de montage van de standaard.

De beugelgreep dient ook om de standaard, bij het vastlijmen op de cilinderdeksel, meteen de goede afstand te geven. Daarom wordt daar nu mee gestart.

Stap 43: Lijm beide delen van de middendelen van de beugelgreep [H1] en [H2] met de achterkanten op elkaar en dan op elke zijde een van de buitendelen [H3] en [H4]. Werk hierbij ook weer erg nauwkeurig.

Aanwijzing: Beide gleufjes aan de rechter en linker onderkant zijn precies 2 mm breed. (4 lagen karton) Ze worden later in de inspringende gleuf van de aslagervattingen gelijmd.

Stap 44: Zet beide standaards zo neer, dat ze met de zijsteunen naar elkaar wijzen, en steek provisorisch en zonder lijm de beugelgreep met de gleuf van bovenaf in de beide halfronde inkepingen. Hierdoor hebben de standaards aan de bovenkant precies de afstand ten opzicht van elkaar die ze later nodig hebben. Zet het nu, zonder lijm, op het deksel van de hoofdcilinder. Aan de kant van de arbeidscilinder, moet de afstand tussen de rand van het aluminium plaatje en de buitenzijde van de standaard precies 10 mm. zijn en aan de andere kant 31 mm. (zie afbeelding 9). De afstand is hier groter omdat dat de kant van het vliegwiel is. Aan deze kant kan (hoeft niet) de standaard komen, waar de naam van de eigenaar op staat. De beugelgreep ligt nu precies in het midden over de arbeidscilinder.

Afbeelding 9

Stap 45: Zet met behulp van viltstift en een geodriehoek hulplijnen voor het vastlijmen op het aluminium plaatje. De afstanden staan aangegeven in afbeelding 9. Lijm de standaards in deze positie vat. De zijden lopen telkens parallel aan de zijkant van het deksel. Goed laten drogen.

Tip: Ook hier is normale hobbylijm goed genoeg voor de benodigde lijmkracht van de standaards. Als de verlijming later loslaat, of voor reparatie losgemaakt moet worden, kan het probleemloos weer worden vastgezet. Eventueel kunt u het aluminiumoppervlak ter plaatse met schuurpapier iets opruwen om de lijm meer houvast te geven.

Paragraaf J:

De aslager van de arbeidszuiger en verdringerzuiger

Het aslager voor de beide zuigers (zie afbeelding 10) bestaat uit 4 lagen karton. In de beiden middelste lagen wordt een lagerschijf en een zuigerstang gelijmd. De zeer dicht bij elkaar liggende stans lijnen van het gleufje waarin de zuigerstang met het haakje gelijmd moet worden zijn alleen 'aangestanst' en moeten nog met een hobbymesje doorgesneden worden.

Afbeelding 10

Zuigerstang

Stap 46: Verwijder de 20mm grote schijfjes uit de ronde kop en verwijder het dunne randje uit de hals van de beide middendelen [J1] en [J2] van de arbeidszuiger aslager. Verwijder uit de buitendelen [J3] en [J4] de iets kleinere kartonnen schijfjes. Lijm op de onbedrukte achterkant van buitendeel [J3] eerst het ene middendeel en dan daarop de andere. Bestrijk de ronde verdiepte cirkel die in de kop van het ontstaan is met lijm en leg er een van de 4 hard PVC aslagers in. Leg en lijm een van de twee overgebleven zuigerstangen zo in het smalle gleufje dat de haak van het stangetje in het hoekje aan het eind van het gleufje ligt. Lijm daarna het tweede buitendeel [J4] er op.

Stap 47: Ga net zo te werk met de delen van de aslager van de verdringerzuiger [K1] t/m [K4].

Paragraaf K:

De aslagervattingen van de krukas.

De vattingen van de krukaslagers hebben aan de bovenzijde een uitsparing die precies in de beugelhandgreep past. In het midden hebben ze een halfronde gleuf net als in de bovenkant van de staanders en aan de onderkant twee langwerpige afgeronde steekvoeten van 2 lagen karton. Daarmee wordt het later in de staander verankerd. In de gleuf en op de steekvoeten mag geen lijm komen.

Stap 48: Lijm het middendeel van de aslagerhouder [L1] en [L2] met de rugzijden tegen elkaar. Smeer dan op de ene kant lijm, maar alleen op het grijs gemarkeerde stuk, niet op de witte steekvoeten. Lijm daarop het binnendeel van de aslagerhouder [L3]. Lijm dan op de andere kant het buitendeel [L4]. Er moet daarbij geen lijm in de ontstane halfronde gleuf lopen.

Stap 49: Ga net zo te werk met de delen van de andere aslagerhouder [L5] t/m [L8].

Stap 50: Controleer na het drogen of de steekvoetjes van de vattingen goed in de gleuven in de staanders passen. Het design van de binnen en buitenzijde van de aslager vattingen komen overeen met die van de staander.

Hiermee zijn alle kartonnen onderdelen van de bouwplaat verwerkt. De Stirlingmotor kan nu afgebouwd worden.

Paragraaf L:

De montage van de Krukas

Stap 51: Snij 8 gelijke stukjes siliconenslang van 5mm lengte af en leg de volgende onderdelen klaar: De overgebleven 2 aslagerschijven, de 8 kleine voeringschijven, de drijfstangaslagers met aangebouwde drijfstangen voor de arbeidszuiger en de verdringerzuiger en de krukas. De krukas heeft twee rechthoekige krukken van 22mm lengte en 4mm breedte die in een hoek van 90° ten opzichte van elkaar staan. De as heeft twee uiteinden van ongelijke lengten: 45mm en 22mm.

Tip: *De aslagerschijven en de aslagers van de beide drijfstangen worden allemaal op de volgende wijze op de krukas gemonteerd (zie afbeelding 11): In het midden zit de grote aslagerschijf oftewel het aslager, aan beide kanten komt een kleine voeringschijf en daarbuiten aan beide zijden een stukje siliconenslang. Deze montagegroep van [slang>voeringschijf>aslagerschijf<voeringschijf<slang] maakt het mogelijk om de positie van een lager op elke gewenste plaats op de krukas te fixeren aangezien de stukjes slang zich gemakkelijk met de vinger laten verschuiven maar zich niet uit zichzelf kunnen verschuiven. De los meelopende voeringschijven verhinderen dat de grote aslagerschijven met een siliconenslangetje in aanraking komt en daardoor wordt afgeremd.*

Stap 52: Schijf een willekeurig stukje slang over het korte gedeelte van de krukas, langs 2 bochten tot in de eerste kruk. Schuif dan een klein voeringschijfje dan de arbeidszuiger aslager met drijfstang, dan weer een voeringschijfje en dan weer een stukje slang op de krukas. Steeds vanaf dezelfde kant. (zie afbeelding 11). Verschuif de gehele montagegroep zodanig totdat het in het midden van de kruk zit en de voeringschijven precies zo dicht op de aslagerschijf zit dat die nog goed kan bewegen.

Afbeelding 11

Grote kunststof schijf

Siliconen slang

Krukas

Kleine kunststof schijven

Belangrijk: *Het aslager moet precies zo veel speling hebben dat het vrij en zonder weerstand kan draaien. De beide aslagers met drijfstangen mogen niet verwisseld worden. Op deze manier kunt u ze uit elkaar houden: Het aslager van de arbeidszuiger dat u zojuist ingebouwd heeft is inclusief drijfstang 76,5 mm lang en daarmee 7mm langer dan de verdringerzuigerstang die maar 69,5mm lang is. Deze wordt in de volgende stap ingebouwd.*

Stap 53: Breng vanaf de lange zijde van de krukas in de andere kruk een soortgelijke montagegroep aan echter nu met de verdringerzuigerstangaslager in het midden. Stel het hier ook zodanig af dat het aslager in het midden van de kruk zit en ongehinderd kan bewegen.

Stap 54: Breng aan beide zijden van de krukas nu een soortgelijke montagegroep aan alleen nu met in het midden een van de overgebleven aslagerschijven. Aan de korte kant van de krukas steekt de as maar een klein stukje uit het slangetje dat aan het uiteinde zit. Aan de lange zijde van de krukas wordt de montagegroep zo ver naar binnen geschoven dat de aslagerschijf op een afstand van ongeveer 83mm van de aslagerschijf aan de korte zijde verwijderd is.

Stap 55: Plaats nu de beide aslagerschijven in de ronde gleuf die zich boven in de staanders bevinden. Controleer of alle aslagerschijven werkelijk vrij kunnen draaien en de aslagers van de arbeids en verdringerzuiger precies boven hun corresponderende messing buisje staan. Verschuif de montage groepen naar wens.

Stap 56: Til de aslagerschijven van de krukas nog eenmaal uit de standaard. Voordat ze opnieuw geplaatst worden moeten de beide drijfstanden van arbeidszuiger en verdringerzuiger in de messingbuisjes gestoken worden. Neem daartoe het buisje met de ene hand vast en draai met de ander het aslager zachtjes heen en weer zodat het stangetje zich er in laat schuiven.

De drijfstand van de arbeidszuiger: Deze moet tot op de latexstomp in het messingbuisje verzonken worden. Om te voorkomen dat bij het heen en weer draaien van het aslager de latexafdichting van de arbeidscilinder verschuift, kan men het messing buisje het best met een kleine spits tangetje of een krachtige pincet vasthouden. (of uw vingers als die dun genoeg zijn). Let er daarbij op dat het einde van het aslager niet scheef op de krukas zit.

De zuigerstand van de verdringerzuiger: Deze komt zo diep in het slangetje dat er nog ongeveer 5mm ruimte overblijft tussen de beide uiteinden van de stangetjes. Aangezien de verdringerzuiger vrij draaibaar is, kan dat aslager niet onder een hoek komen te staan. De zuiger zou dan immers meedraaien. Als de schuimplastic schijf van de verdringerzuiger niet helemaal parallel ten opzichte van de bodem en deksel van de hoofdcilinder staat, kunt u dat eventueel een beetje uitrichten door de verdringerzuiger ten opzichte van het aslager iets te verdraaien.

Stap 57: Schuif nu de steekvoetjes van de aslagers houders in de daarvoor bestemde sleuven in de standaard. De bovenste helft van de aslagerschijf wordt er daarbij in de aslager houder opgenomen wat zorgt voor een stevige constructie. Het design bepaald welke kant aan de buitenzijde komt.

Tip: Het is niet noodzakelijk om de steekvoetjes vast te lijmen. De wrijving tussen de kartonnen oppervlakken is voldoende. Het is ook niet handig omdat nu de motor zich ook weer gemakkelijk laat demonteren als er iets afgesteld of gerepareerd moet worden.

Paragraaf M:

De montage van de beugelgreep en het vliegwiel.

Stap 58: Schuif de beugelgreep op proef met de gleufjes helemaal in de gleufjes in de aslagerhouders. Lijm het vervolgens op die manier vast.

Stap 59: Breng een beetje lijm aan op het gaatje in de driespaaks flens aan het vliegwiel en schuif het vliegwiel met de flens eerst, op het vrije uiteinde van de krukas.

Tip: De verlijming tussen de dunne krukas en het karton is niet erg stevig. De wrijving tussen die twee is voor deze motor echter al voldoende. Het vliegwiel kan hierdoor naar wens ook weer gemakkelijk van de krukas afgehaald worden.

Paragraaf N:

De fijnafstelling en eerste proefloop

Heb geduld! Zoals bij iedere motor is ook bij deze Stirlingmotor de fijnafstelling de sleutel tot een probleemloze loop. Schaam u niet wanneer het niet direct de eerste keer lukt. Het kostte Robert Stirling jaren voordat hij zijn eerste motor kon demonstrenen!

Stap 60: Draai de krukas met behulp van het vliegwiel langzaam rond. De totale slag van beide krukken bij een volledige omwenteling van de krukas bedraagt 8 mm (4mm naar boven en 4mm naar beneden). Controleer of de lengte van de drijfstang van de arbeidszuiger klopt en pas het aan indien noodzakelijk door opnieuw het messingbuisje vast te houden en het stangetje heen en weer te draaien. De arbeidszuiger moet de hele op en neer gaande beweging van de krukas wrijvingsloos kunnen volgen, zonder dat de latex afdichting zich in het onderste of bovenste punt spant. Anders wordt de beweging van de krukas afgeremd. Het latex moet echter ook geen uitstulping vormen die tegengesteld aan de beweging is en klapt als de arbeidszuiger er voorbij gaat.

Belangrijk: Gun uzelf uitvoerig de tijd om de optimale positie van de arbeidszuiger uit te vinden. Dit is de hoogte of diepte boven of in de arbeidscilinder die de minste weerstand veroorzaakt. Indien noodzakelijk moet u ook nog een keer de latex afdichting recht trekken en zijn vrije beweegbaarheid vergroten of verkleinen. Ga tot slot na of het aslager aan de krukas zich niet verdraaid heeft.

Stap 61: Ook bij de verdringerzuiger bedraagt de slag 4mm naar boven en 4 mm naar beneden. De schuimplastic schijf van de verdringerzuiger zelf heeft een hoogte van 8mm, daarmee bedraagt zijn verplaatsing totaal 16mm (8+4+4), dat is 2 mm minder dan de hoogte van de hoofdcilinder. De afstand van de beide zuigerstangeinden in het siliconen slangetje moet daarom zo ingesteld worden dat de verdringerzuiger gedurende een volledige omwenteling van de krukas niet tegen het deksel noch tegen de bodem van de hoofdcilinder botst. In de ideale toestand raakt de schuimplastic schijf in de hoogste en laagste stand de aluminium plaatjes niet aan. De kartonnen houder in het midden van de verdringerzuiger mag echter in geen geval de bodem of het deksel van de hoofdcilinder raken. Dat zou tot een gigantische afremming leiden.

Test: Draai het vliegwiel heel voorzichtig en met gevoel. Zo kunt u bepalen of de verdringer zuiger in zijn hoogste of laagste positie nog een weerstand genereert. Controleer ook of de verdringerzuiger in de hoogste en de laagste positie iets kan verdraaien en meebewegen wanneer u zijn aslager heen en weer beweegt. Dat is een teken dat er in deze positie nog altijd een kleine afstand tot het aluminium is. Let er ook op dat het stukje siliconenslang niet te diep zit. Het mag niet tegen het messing buisje aankomen.

Stap 62: Breng met een tandenstoker of cocktailprikkertje een klein druppeltje olie aan in de ruimte tussen drijfstang van de verdringerzuiger en het messingbuisje om het geheel op deze manier luchtdicht te maken. Om de weerstand te reduceren kan men ook wat olie aanbrengen op elke plaats waar een aslagertje zit dat met de krukas of de naastgelegen schijfjes contact maakt.

Laatste controle voor de start: Test nog eenmaal of de beiden aslagers precies boven de arbeids respectievelijk verdringerzuiger zitten en of ze niet verdraait staan en of de krukas zich in beide aslagers een fractie van een millimeter heen en weer laat bewegen en niet een beetje afgeremd wordt.

Belangrijk: Kinderen zouden de Stirlingmotor niet zonder toezicht in gebruik moeten nemen. Ook al is de inhoud van een koffiekopje niet erg groot, het is genoeg om onaangename verbrandingen op te lopen.

Stap 63: Vul een kopje met kokend water en zet de motor er bovenop. Wacht ongeveer een halve minuut tot de bodem van de hoofdcilinder goed warm is geworden en geef het vliegwiel een zetje. U zult merken dat het zich alleen naar links licht laat verdraaien, naar rechts remt het direct af. Als alles goed afgesteld is zal de motor steeds sneller gaan draaien tot de maximale snelheid die geldt voor het temperatuurverschil tussen de bodem en het deksel van de hoofdcilinder bereikt is. Daarna gaat het onmerkbaar steeds langzamer lopen.

Als de motor loopt: Van harte gefeliciteerd! Als de inbedrijfstelling is gelukt, zou de motor ongeveer 20 minuten moeten lopen.

Als u tevreden bent, gaat u verder met stap 64 en brengt u de buitenwand van de arbeidscilinder aan. Als u de looptijd wil verlengen kunt u door verdere fijnafstelling en tuning tijden bereiken van langer dan een uur! In dat geval zou u met stap 64 nog even moeten wachten en alle mogelijkheden uitproberen, zoals ze in de voorgaande stappen en tips genoemd zijn.

Stap 64: Maak de buitenwand van de arbeidscilinder [E5] en het verbindingsstuk [E6] rond door het over een rand te trekken of om een viltstift te rollen en lijm het verbindingsstuk nauwsluitend voor de helft op het ene uiteinde van de buitenwand maar precies zoveel dat de grijze lijmmarkering bedekt is. Leg het dan om de arbeidscilinder en lijm het verbindingsstuk zo op het andere uiteinde vast dat de cilinderbuitenwand er nog gemakkelijk afgeschoven kan

worden zodat het bij problemen gemakkelijk te verwijderen is. Het wordt ook niet aan de arbeidscilinder vastgelijmd. Het dekt alleen de latexafdichting af. Maak ook de versiering [E7] rond en lijm het symmetrisch op de tegenoverliggende zijde van de cilinderwand [E6].

Hier zijn een paar tips hoe u de looptijd van een Stirlingmotor kunt verlengen indien u de fijnafstelling al geoptimaliseerd heeft:

1. Neem een grotere mok en verwarm de mok voor.
2. Plaats de motor op een isoleerkan met veel inhoud en een voldoende grote opening.
3. Plaats de motor op een theelichtje. Voorzichtig, niet oververhitten!
4. Neem 2 blikken hulsjes van waxinelichtjes en vul ze met ijsklontjes, plaats de twee bakjes op de hoofdcilinder tussen de standers. Dit verhoogt het temperatuurverschil tussen de plaatjes waardoor de looptijd opnieuw toeneemt.
5. Plaats de motor op een koudebron bijvoorbeeld een diepgevroren koelblok van een koeltas. Het vliegwiel draait dan de andere kant op omdat het temperatuurverschil nu in omgekeerde richting is.

Indien de motor niet of alleen heel kort loopt:

Neem er de tijd voor om in alle rust de lijst met mogelijke storingsorzaken door te nemen. Er komen eigenlijk maar 2 soorten oorzaken voor, die ieder voor zich of gezamenlijk de oorzaak kunnen vormen.

Eerste soort: Lekkage

- Is er ergens een lekkage bij de **lijmnaad van de hoofdcilinder**? Kijk, eventueel met behulp van een loupe, of er in de lijmrand tussen de cilinderwand en het deksel of de bodem een lek bevind. **Indien ja:** Met lijm, eventueel 2 componentenlijm afdichten.
- Is de rand tussen de **arbeidscilinder en de grondplaat** lek? Een speldenprik is al te veel! Omdat de verbinding met de binnenkant hier verloopt via een krans van trapeziumvormige plakstrookjes kan er tussen twee van die tanden nog een gaatje in de afdichting bestaan die voorheen in Paragraaf D niet goed met lijm is afgesloten. **Indien Ja:** van buitenaf met lijm afdichten.
- Is de verlijming tussen de **arbeidscilinder grondplaat en het aluminium plaatje** lek? Dit is zeer onwaarschijnlijk maar niet ondenkbaar. **Indien ja:** wederom buitenaf met lijm afdichten (dat ziet er echter niet zo netjes uit) of de arbeidscilinder voorzichtig met een mesje scheiden van het aluminium (eventueel daarvoor ook de stander, om beter grip te hebben) en opnieuw verlijmen.
- Is er een lekkage tussen de **arbeidscilinder en de latex afdichting**? **Zo ja:** Bind de latex dichting opnieuw af of verbeter de afdichting en let er ook op dat er geen lucht langs het naadje in het karton kan ontsnappen.
- Ontbreekt misschien nog het **oliedruppeltje** dat de ruimte tussen de **verdringerdrijfstang** en het **messing buisje** van de drijfstangvoering af moet dichten? **indien ja:** als nog aanbrengen.
- **Wanneer dit alles niet helpt en er zich nog ergens nog een lek verstoppt:** Neem de stander los, verschuif het siliconen slangetje van de verdringer drijfstang naar beneden totdat het over het messing buisje schuift en deze daardoor luchtdicht afgesloten wordt en trek de arbeidszuiger met zijn latexzuiger geheel naar boven. Bestrijk dan met een klein penseeltje de verdachte plaatsen met zeepsop en beweeg de arbeidszuiger op en neer totdat de lekkage zich verraad door belletjes. Indien u het karton snel weer droog maakt ontstaat er geen schade.

Tweede soort: Wrijvingsweerstand

- Moet de **arbeidszuiger** teveel arbeidsweerstand overwinnen gedurende het op en neer bewegen? **Indien ja:** schuif de latex afdichting naar boven of naar beneden en probeer uit waar de arbeidszuiger het soepelst loopt, dieper in de cilinder of hoger er bovenuit, met meer of minder vrij hangende latex. Indien noodzakelijk de latexafdichting vernieuwen.
- Bevinden er zich op het vrij bewegende deel van de **latexafdichting** mogelijkwerwijs lijmresten die de latex verhard hebben? **Zo ja:** Latex afdichting vernieuwen.
- Steekt het stangetje van de **arbeidszuigerdrijfstang** te diep of te ondiep in de arbeidszuiger zodat het zich niet vrij op en neer bewegen kan **zo ja:** corrigeren zoals in stap 60 beschreven.
- Staat het **aslager van de arbeidszuiger** schuin ten opzichte van de krukas? **Zo ja:** verdraai de stand van het stangetje in overeenstemming met de hoek.
- Kleeft of klemt de **verdringerzuiger** in de hoofdcilinder? **zo ja:** Hier helpt maar één oplossing: neem de arbeidszuiger geheel los en probeer door de opening van de arbeidscilinder om de verdringerzuiger vrij te maken.
- Zijn de drijfstangen van de cilinders verwisseld? Ter herinnering: het langere deel zit boven de arbeidscilinder. **Zo ja:** verwisseling ongedaan maken.
- Zit het **siliconenslangetje** te diep op de **zuigerstang van de verdringerzuiger** dat het wellicht het messingbuisje raakt? **zo ja:** corrigeren.

- Is de **gezamenlijke lengte** van de door het siliconenslangetje verbonden staafjes van de **verdringer zuigerstang** te kort (zuiger loopt tegen de bovenkant aan) of te lang (zuiger loopt tegen de onderkant aan) **Zo ja:** corrigeer de lengte zoals in stap 61 beschreven.
- Ontstaat er bij één of meer van de **aslagers aan de krukas** te veel wrijving? **Zo ja:** verschuif de kleine siliconen slangetjes totdat alle lagertjes voldoende speling hebben. Alle lagertjes van de krukas moeten geolied zijn.
- Staan de beide **aslagers met de zuigerstangen** misschien niet precies boven de corresponderende cilinder? **Zo ja:** de stukjes slang zodanig verschuiven dat het wel het geval is.

Indien u op- of aanmerkingen heeft over het bouwpakket of tips voor de montage die we voor toekomstige klanten kunnen verwerken dan kunt ons schrijven of mailen.

Kijk op onze website voor nog meer interessante bouwpakketten en losse onderdelen om de door u zelf ontworpen instrumenten te realiseren!

Ipacity

Vlielandsestraat 109 (postadres)

2583 JE Den Haag

Telefoon: (070) 3062738

Fax: (070) 3062739

E-mail: info@ipacity.nl

Internet: www.ipacity.nl

Magneten

Sterrenkoepel

Acrylglas lenzen

Glazen lenzen

Fresnel lenzen

Zonnefilterfolie

Eclipsbrillen

Acculuxfolie

Hobbymesjes

Hobbyvijlen

Plan spiegels

Optiekspiegels

Metalen spiegels

Mini waterpasjes

Mini kompasjes

Multispectraal folie

Prisma

Polarisatiefolie

Sferische spiegels

Spiegelfolie

Zandlopers

Solar fotopapier

Zeppelins

Boemerangs

3D Brillen

Mini vliegers

Ocarina

IJzervijsel

Zonnekijkers

Newton telescoop

Sextant

Etc.