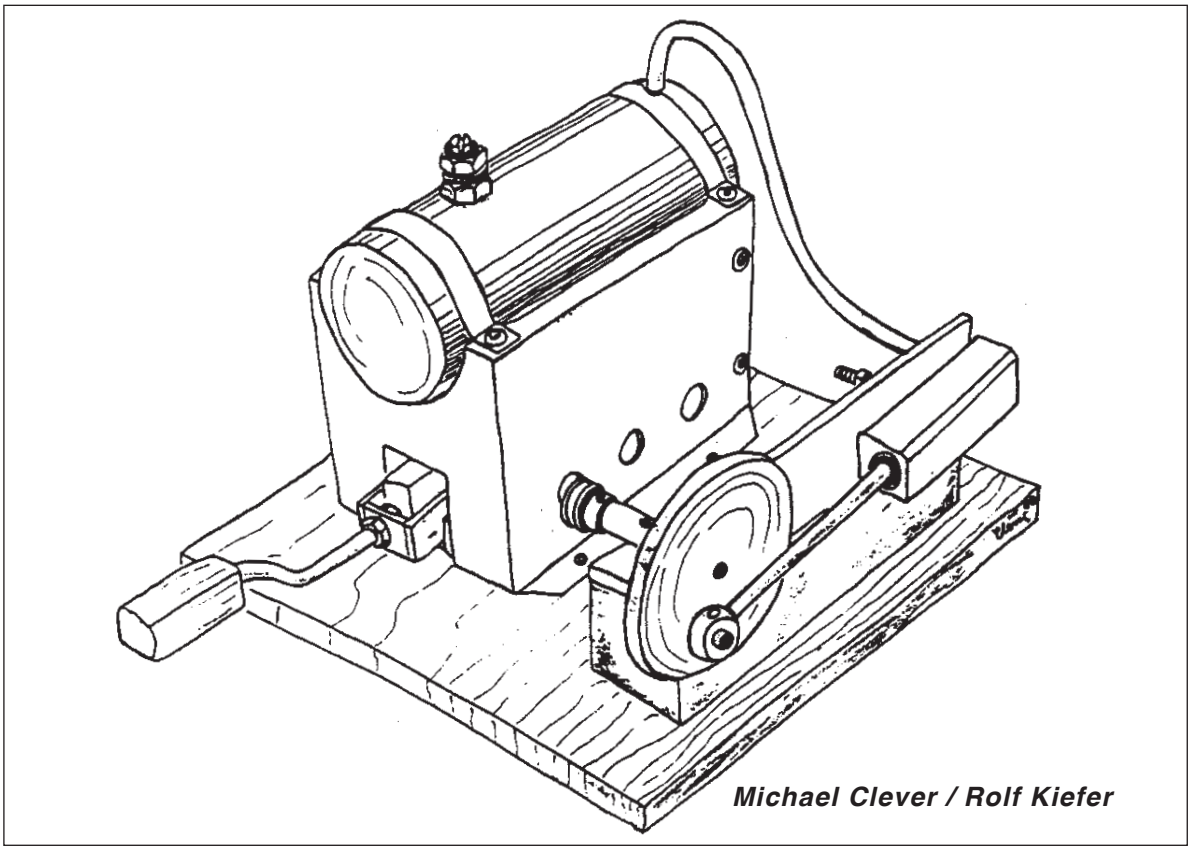
OPITEC

is uniek

1 1 2 . 4 2 0

S t o o m m a c h i n e



Technische gegevens

KETEL:MACHINE:

Ketel inhoud:	**110 cm^3**	**Boring:**	**8 mm**
Bedrijfsdruk:	**1,5 bar**	**Slag:**	**24 mm**
Testdruk:	**4,5 bar**	**Onbelast toerental:**	**ca. 800 omw./min.**
Watervulling:	**50 - 60 ml**	**Bouwjaar:**	**.....**

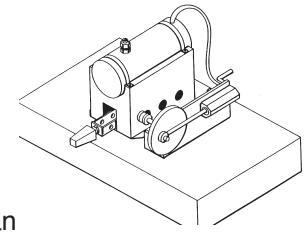
Let op!.
Opitec bouwpakketten zijn na afbouw geen speelgoed, maar leermiddelen als ondersteuning in het pedagogisch vakgebied.Dit bouwpakket mag door kinderen en jongeren alleen onder toezicht van een volwassene worden gebouwd en gebruikt.
Niet geschikt voor kinderen jonger dan 36 maanden.
Verstikkingsgevaar!

Inhoud: Pagina

Natuurkundige basis van de stoommachine	6
De werking van de oscillerende stoommachine	7
Gereedschap- en apparaten overzicht	9
Veiligheid bij de bouw en het in bedrijf stellen van de stoomketel	10
Constructie voor het maken van de stoommachine	10
Aanwijzingen voor het maken van de zuigers	11
- Vuurpan	12
- Ketelhuis	13
- Veiligheidsventiel	14
	15
Aanwijzingen voor het maken van de stoomomvormer	16
- Constructietekeningen	17
- Onderdelenlijst en werkplan	18
- Stoomomvormer	19
- Cilinder	20
- Vaststellen van de stoomgaten	21
In bedrijfstelling en waarschuwing	21
Praktische tips	23

N112420#1

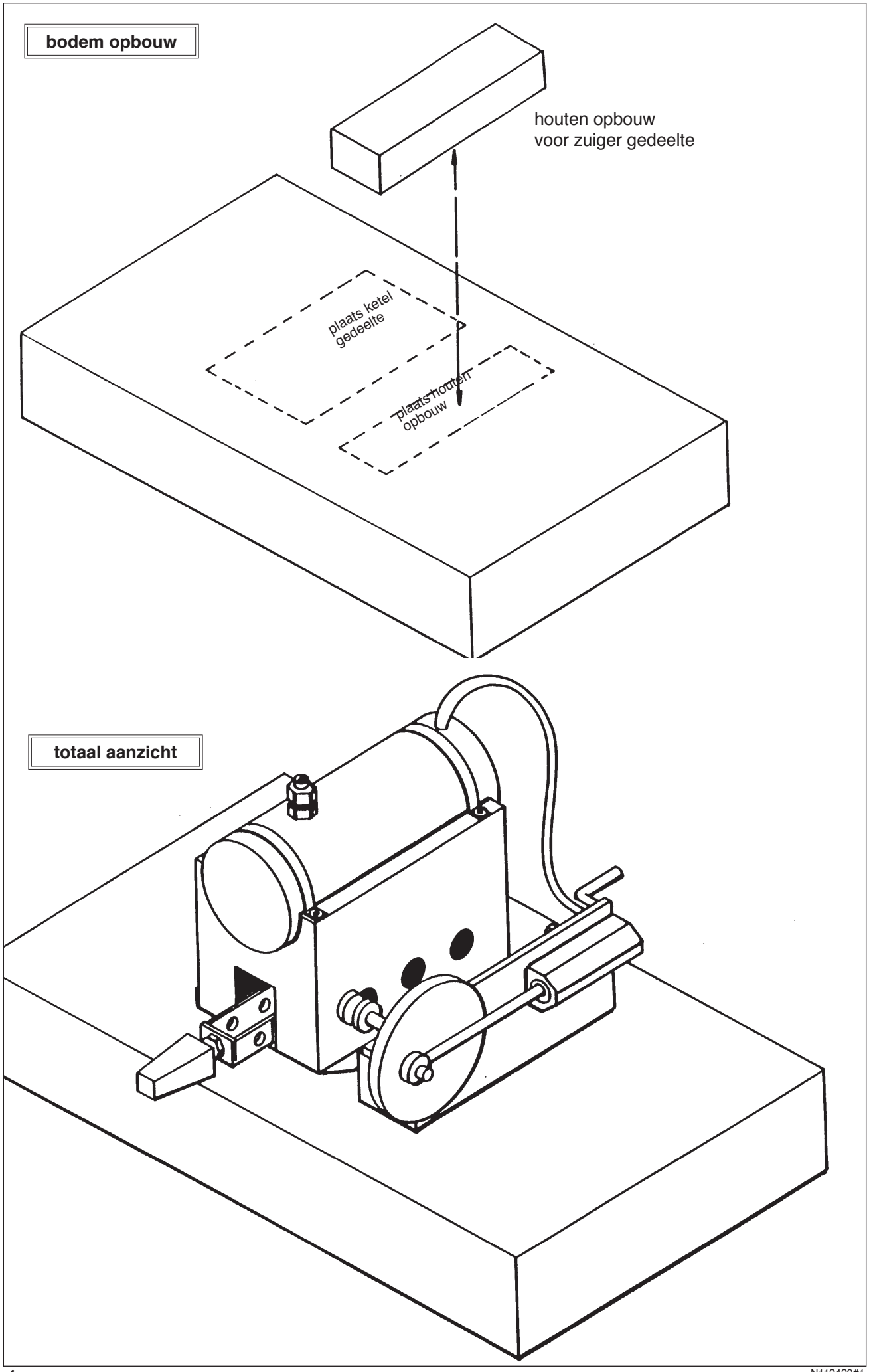
MATERIAAL SET OPITEC - STOOMMACHINE
==========



Deze materiaal set bevat materialen en onderdelen voor het maken van 1 stoommachine.

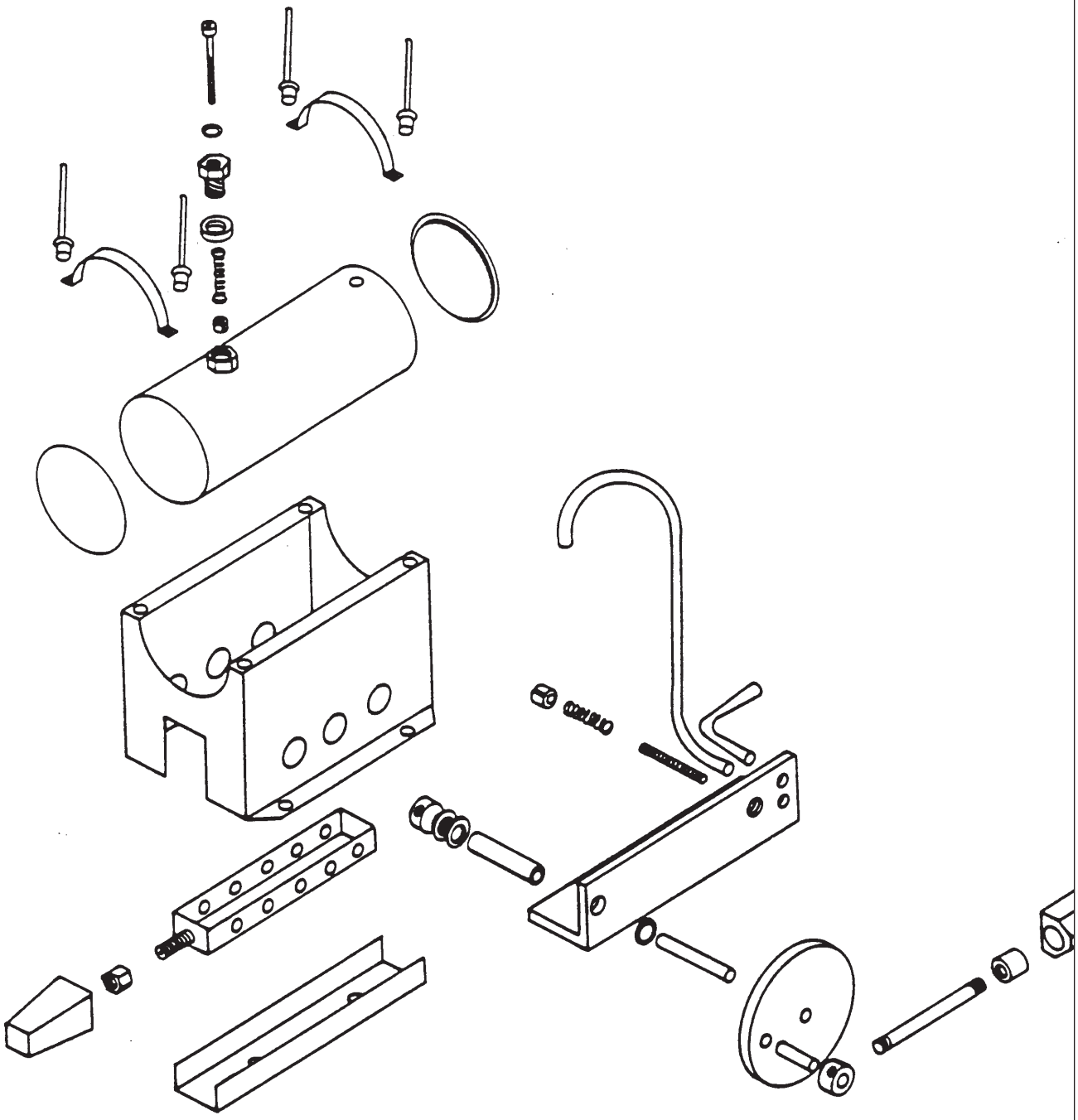
(Droge brandstof en zilversoldeer wordenniet meegeleverd, maar kunnen afzonderlijk besteld worden).

Pos.	Aantal	Benaming	Afmetingen	Gebruik
1	1	aluminium U profiel	16,5 x 100	VUURPAN I
2	1	aluminium U profiel	19,5 x 100	toevoerrail
3	2	parkers, verzinkt	2,9 x 13	railbevestiging
4	4	tussenringen	3,2	railbevestiging
5	1	zeskantmoer	M4	bevestiging handgreep
6	1	cilinderschroef	M4 x 25	bevestiging handgreep
7	2	strook koperplaat Ms 63	0,4 x 165 x 75	KETELHUIS + BEUGELS II
8	4	popnagels	3 x 4	ketelhuis
9	5	parkers	2,2 x 6,5	+ ketelhuis bevestiging
10	1	ronde pijp	40 x 1 x 100	ketel
11	2	afsluitdeksels Ms 58	40 x 3	ketel
12	1	zeskantmoerMs 63	M6	ketelopening
13	4	parkers	3,5 x 6,5	beugelbevestiging
14	1	zeskantmoer Ms	M6 x 10	VEERVENTIEL III
15	1	cilinderschroef Ms	M3 x 30	idem ”
16	1	moer	M3	idem ”
17	1	drukveer	0,4 x 4 x 17,5 x 8,5	idem ”
18	1	rubber O-ring	3 x 1	idem ”
19	1	afdichtring	10 x 5,8 x 1	idem ”
20	1	hoekprofiel Ms	100 x 20 x 20 x 2	MACHINE HOUDER IV
21	4	verzonken schroeven Ms	3 x 20	houderbevestiging
22	1	cilinder Ms	40 x 15 x 15	STOOMOMVORMER V
23	1	zuiger Ms	8 x 12	idem ”
24	1	drukveer	0,4 x 4x 17,5x 8,5	cilinderhouder
25	1	moer	M3	idem ”
26	1	draadeind	M3 x 20	idem ”
27	1	tussenrign Ms	3,2	idem ”
28	1	rond staafje Ms	4 x 68	zuigerstang
29	1	schuif Ms	50 x 4	VLIEGWIEL VI
30	1	cilinderstift St	4 x 10	excentrische as
31	1	stelring Ms		zuigerstanglager
32	1	pijpstukje Ms	6 x 1 x 20	lagerbus
33	1	cilinderstift St	4 x 36	vliegwiel-as
34	2	tussenringen Ms	4,3	vliegwiel lager
35	1	snoerwiel Ms		aandrijfwieltije
36	1	koperpijpje Cu	4 x 1 x 160	STOOMPIJPJE VII
37	1	houten plaat	140 x 140 x 10	BODEMPLAAT VIII
38	1	hardhouten klos	100 x 20 x 25	machine onderbouw
39	1	ronde staaf	8 x 50	handvat vuurpan


bodem opbouw
houten opbouw
voor zuiger gedeelte
plaats ketel
gedeelte
plaats houten
opbouw
totaal aanzicht

N112420#1

onderdelen



De natuurkundige grondslagen van stoommachines

Algemeen:

Stoommachines behoren tot de energie omvormers, die chemische energie in warmte en dat weer in mechanische energie omzetten. De warmteopwekking vindt daarbij meestal plaats door verbranding van een vaste brandstof, hoofdzakelijk steenkool. Men rekent de stoommachines tot de warmtekrach-machines met externe verbranding. Dit, omdat de brandstof buiten het machinegedeelte wordt verbrand. (In tegenstelling tot verbrandingsmotoren, waarbij de verbranding in de cilinders plaats vindt). Karakteristiek voor warmtekracht-machines met externe verbranding is de inzet va een werkmedium (waterdamp), die de opgewekte warmte overneemt. De opwekking van de mechanische energie verloopt daarbij in twee trappen:

1. In de stoomketel wordt de toegevoerde warmte door uitzetting van de stoom omgevormd.
2. In het machine gedeelte wordt door het verlagen van de druk de uitzetting omgezet in een mechanische beweging.

Verdampen en condenseren:

De overgang van vloeistof naar gasvorming- of dampvorming bij een bepaalde kooktemperatuur wordt verdampen genoemd. De voortgang zelf verlangt een specifieke energie hoeveelheid, de zogenaamde verdampingswarmte. Om 1 gram water 1°C op te warmen is er 4,2 joule nodig. Voor het verdampen van 1 gram water is er echter 2257 joule nodig. (Bij 100°C en 1013 hPa). Deze extra energie is te verklaren door de enorme toename van het volume van de waterdamp ten opzichte van de vloeistof daarvoor. (1673 maal volumevergroting bij normale druk). Als de opgewekte damp niet voldoende ruimte heeft, dan wordt er een toenemende ‘verdikking’ druk opgebouwd. Hiermee kan een zuiger in een cilinder in beweging worden gebracht en daarmee arbeid verrichten. In het algemeen drukt men de kracht F, die op een vlak A werkt uit als: P. Door drukverhoging verandert echter de kooktemperatuur van een vloeistof. Bij 2 bar b.v. kookt het water bij een temperatuur van 120°C. In de levensmiddelen branche maakt men van dit verschijnsel gebruik om bij hogere temperaturen voedsel te koken. Het omgekeerde van verdampen heet condenseren. Hierbij komt dezelfde hoeveelheid energie, die voor het verdampen van de vloeistof nodig was, als condensatiewarmte weer vrij. Waterdamp condenseert b.v. in koelere lucht of op koude voorwerpen tot zichtbare waterdruppels. Terwijl waterdamp onzichtbaar is.

De werking van de oscillerende stoommachine

De eisen, waaraan een schuif gestuurde stoommachine moet voldoen, kunnen met de schoolmiddelen nauwelijks en zeker niet in de beschikbare tijd, worden gemaakt. Daarom is het bouwen van een oscillerend model een uitkomst, omdat hierbij de technische uitwendige schuifsturing vervalt.

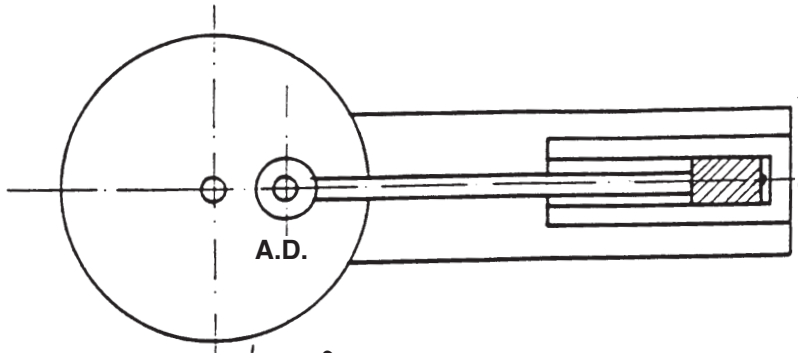
Het voordeel van deze machine is, dat de kruiskop en de dampverdeling met de beschreven schuif met extra excentriek, niet nodig zijn. Desalniettemin gaat het om een volwaardige, robuuste machine, die ook in het verleden, tijdens het stoomvaarttijdperk, gebruikt werd. Toch werden de grenzen van de vermogens die mogelijk waren, relatief snel bereikt. Dat kwam omdat het moeilijk was de grote bewegende massa te beheersen. Bovendien bestond voortdurend het gevaar, dat het cilinderlager te heet werd. Dit zou het uitvallen van de machine betekenen.

De oscillerende stoommachine behoort tot de machines, waarvan de stoom inlaat en de stoom uitlaat door het wisselen van de cilinder wordt bepaald. De daarvoor noodzakelijke beweeglijkheid van de cilinder wordt bereikt door hem in het midden draaibaar te lageren. Hij wordt met een spiraalveer tegen het spiegelgladde oppervlak van een houder gedrukt. Hierbij moeten de beide glijvlakken absoluut gelijk zijn. De cilinder is in het teruggaande deel van een ‘stoom’-gat voorzien, terwijl het aangrenzende spiegelvlak van de hoekhouder een uitlaat voor de stoom heeft. Komt nu het stoom-gat van de cilinder over het stoomtoevoer gat, dan komt er stoom achter de zuiger van de cilinder. De zuiger beweegt naar voren,waarbij de slagbeweging over het zuigerstanglager en de kruk (resp. een excentrische lagering) in een draaibeweging wordt omgezet. De massa van het vliegwiel stuurt de zuiger terug. Daarbij ‘kiept’ het stoom-gat van de cilinder over de stoom uitlaat en komt de resterende stoom van de teruggaande zuiger vrij. Als de zuiger het dode punt heeft overwonnen’, dan zit het stoom-gat weer boven de stoomtoevoerleiding en stroomt er weer nieuwe stoom in de cilinder.

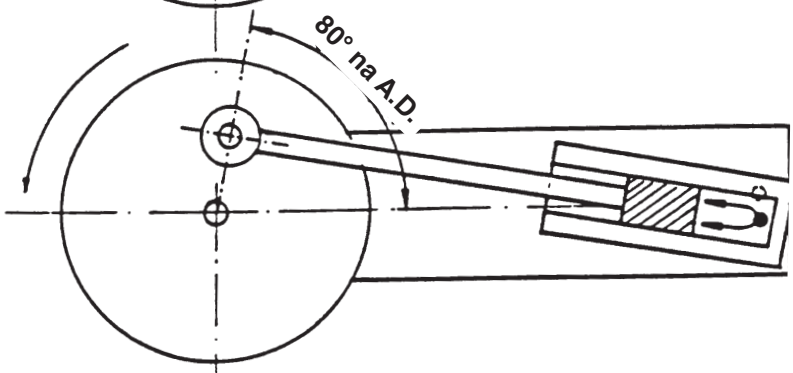
N112420#1

Werking:

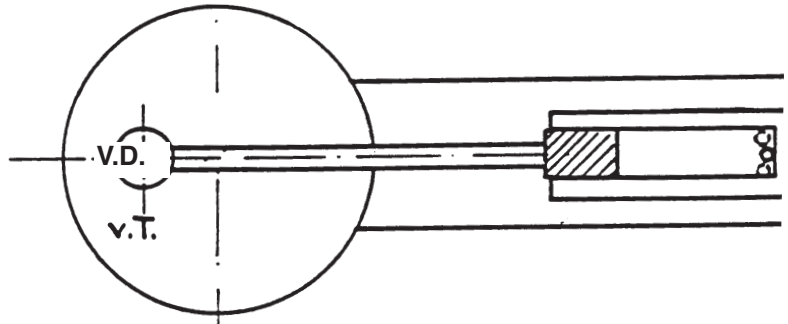
OSCILLERENDE STOOMMACHINE



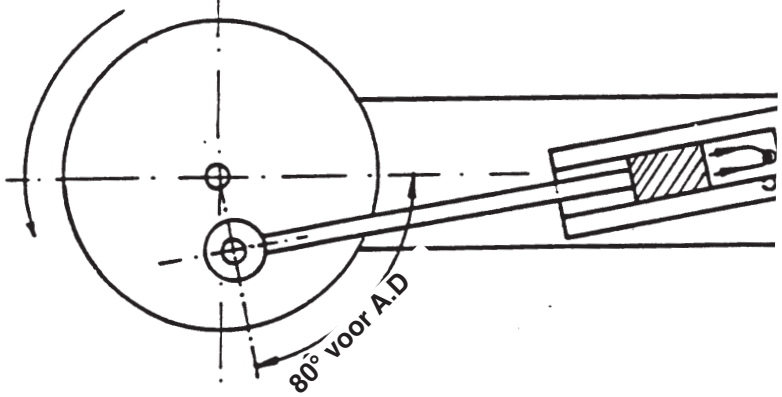
1e fase
De zuiger staat ca. 1 mm voor het cilinder einde. Beide stoom-gaten zijn gesloten. De zuigerstang staat in het achterste ”dode punt”. (A.D.)



2e fase
Het zuigerstanglager staat ca. 80° na het achterste dode punt. Het stoomgat in de cilinder is nu boven het stoom toevoer gat van de hoekhouder. De stoom stroomt in de cilinder (dubbele pijl). De zuiger beweegt naar voren.

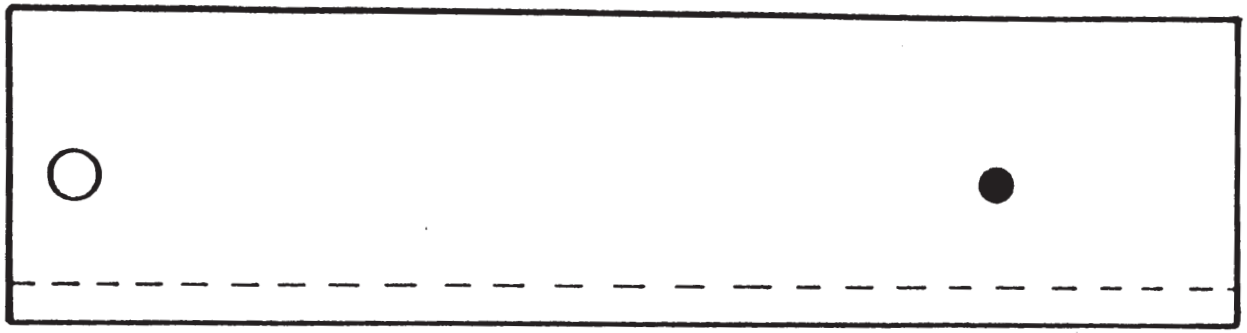


3e fase
Het zuigerstanglager staat in het voorste dode punt (V.D). Het stoom-gat ligt tussen de beide gaten in de hoekhouder. Door de massa van het vliegwiel wordt het voorste dode punt overwonnen.

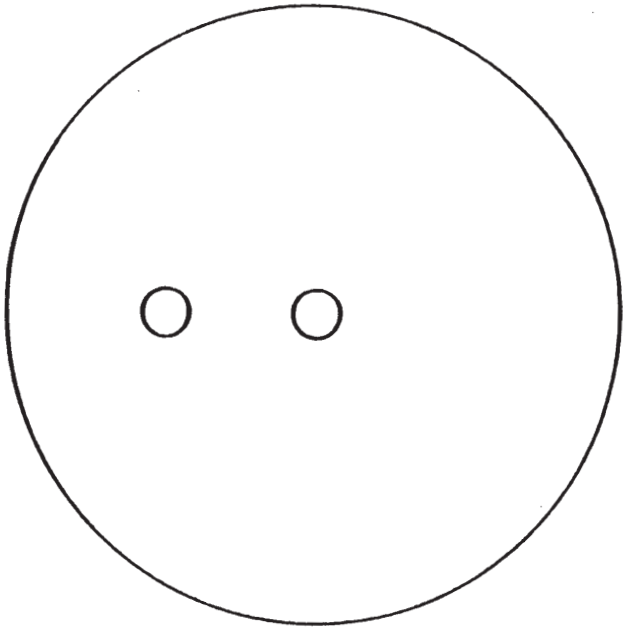


4e fase
Het zuigerstanglager staat ca. 80° voor het achterste dode punt. Het stoomgat van de cilinder ligt boven het stoom afvoer gat van de hoekhouder. De ”oude” stoom wordt door de zuiger naar buiten gedrukt. (dubbele pijl).

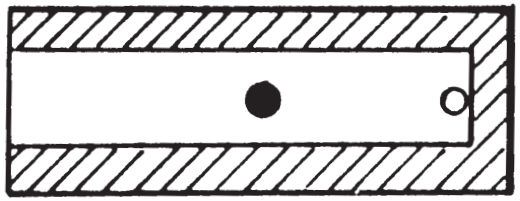
hoekhouder



Vliegwiel met excentrisch lager



cilinder



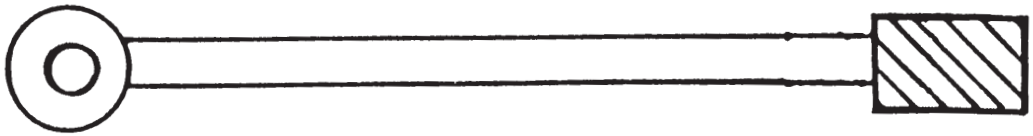
Aanwijzing:

Knip de machine onderdelen uit en verbindt ze met paperclips

Tip:

Maak een model van acrylglas

Zuigerstang met zuiger



Kopieervoorbeeld voor de overhead projector van de stoomomvormer

Schaal 1,5 : 1

Gereedschap- en apparaten overzicht

- Metaalbeugelzaag
- Verstekzaag (met metalen zaagblad)
- Werkplaatsveilen (kap 1, 2, 3 en 4)
- Bankschroef met beschermingsbekken
- Machineklem
- Bankhamer (200gram)
- Schroevendraaier
- Zij-kniptang
- Stalen winkelhaak (kort)
- Stalen liniaal
- Schuifmaat
- Kraspen
- Ponsen
- HSS boren (2; 2,5; 3,1; 3,5; 3,9; 4 en 6mm)
- Tapper (M3, M6)
- Schroefdraadsnijder (M3, M4)
- Kegelvormige centerpons
- Ruimer (4 en 8mm)
- Verzinkboor (3-14mm)
- Metaalgatenzaag (ø 40mm) of decoupeerzaag
- Blikscharen (gebogen en recht)
- Popnageltang
- Kolomboormachine
- Hardsoldeer set met propaangasfles (5 kg)
  Brander set: middel en fijn
- Vuurvaste onderlegger (b.v. chamotte plaat)
- compressor
- blaaspistool
- Brievenweger

Hulpmiddelen:

- Hout- en metaal bijlagen
- Zilversoldeer met 40 % zilver aandeel. ø 1,5 mm
- Vloeimiddel voor zilversoldeer
- Zachtsoldeer met soldeervet
- Schroefdraadlijm (temp. vast tot 150°C)
- Schuurpapier (korrel 100, 200, 280, 400, 500)
- Staalwol (00, 000)
- Metaal polijstmiddel
- Booremulsie
- Machineolie
- Katoenen doek

Veiligheidseisen voor de bouw en het in bedrijfstellen van stoomketels

Hoewel voor zelfbouw van stoomketels de technische regels TRD 801 gelden zullen wij ons voor de technieklessen houden aan de veiligheidsnormen volgens DIN 660 70 resp. aan de Europa-Norm DIN EN 71. Zo wordt het in bedrijf stellen van je zelf gebouwde stoommachine geen ”spelen met vuur”.

Hieronder volgen de belangrijkste aanbevelingen en voorschriften volgens DIN 660 70:

1. Geen scherpe randen en hoeken
2. Beschermen tegen corrosie
3. Temperatuurbegrenzing bij bedieningselementen
4. Verhitting alleen met ongevaarlijke brandstof, bij voorkeur vaste brandstof
5. De ketelinhoud mag niet groter zijn dan 2 liter en de bedrijfsdruk niet hoger dan 1,5 bar.
6. Een niet te verstellen veren veiligheidsventiel van niet roestend materiaal. waarvan de aanspreekdruk onder max. 3 bar ligt (2 x de bedrijfsdruk).
7. De ‘barstdruk’ van de ketel moet minstens 4,5 bar bedragen (3 x de bedrijfsdruk). ‘Barstdruk’ proeven alleen onder water uitvoeren resp. door professionals laten ”afpersen” middels waterdruk.
8. De stoomketel moet van een geschikte inrichting voorzien zijn, waarmee de waterstand is vast te stellen.
9. Ieder stoommachine deel moet verder voorzien zijn van de volgende kentekenen:
   a) De naam van de maker
   b) De toegestane bedrijfsdruk
   c) De ketelinhoud in liters
   d) Het beproeven van de druk

De inhoud van punt 8 kan met het gereedschap en de middelen van de ‘gemiddelde school’ niet worden uitgevoerd. Hier vloeien geen directe gevaren uit voort. Het extreem verhitten van de ketel zal hoogstens leiden tot lekkage, maar nooit tot eeen eventuele ketelexplosie.

De constructie en het maken van de stoommachine

Materiaalkeuze - koper - messing

In de modelbouw van stoommachines gaat de voorkeur uit naar non ferrometaal, omdat dat gemakkelijk te verwerken is en een goede warmteoverdracht heeft.

Als universeel materiaal voor model ketels moet er eigenlijk koper worden gebruikt, omdat dat goet bestand is tegen corrosie. Bovendien is het zeer goed warmtegeleidend. (De warmtegeleiding is ca. 4 x hoger dan bij messing).

Dit voordeel wordt echter een nadeel bij het solderen en hard-solderen van de ketel. Dit heeft ons doen besluiten om messing te gebruiken voor de ketel en de machineonderdelen.

Messing (Ms) is een legering van koper (Cu) en zink. In de handel zijn verschillende profielen, zoals ronde staven, plaat en pijp verkrijgbaar. Het is goed te bewerken en geeft een uitstekende stevigheid, ook bij dunnere wanddiktes. Toch moet je er op letten, dat messing ‘verouderd’ en de ketel eventueel bij herhaaldelijk gebruik in de loop van de jaren bros kan worden.

Koper-zink legeringen zijn er in diverse procentuele samenstellingen met verschillende eigenschappen (week, half hard, hard). De stevigheid en hardheid van messing neemt toe met het stijgen van het aandeel zink en andere legeringsbestanddelen. Door koudeomvorming kan dit nog extra verhoogd worden (b.v. walsen). Bij het zacht gloeien (ca. 600°C) wordt de stevigheid weer verminderd en de uitzetting vergroot. Te hoge temperaturen maken koper-zink legeringen bros en breekbaar.

Proef: Een messingstrook is moeilijk om te buigen.
Hij veert bij het buigen terug.
Door zacht gloeien wordt de metaalstrook zacht en buigzaam en blijft in de gebogen stand. Als je daarna de messingstrook koud smeedt, is de plaat opnieuw moeilijk te buigen en veert weer terug.
Stevigheid en hardheid zijn toegenomen.

Technische gegevens van koper en messing

Benaming	afkorting	samenstelling	dichtheid	smelttemperatuur	warmtegeleiding	trekvastheid
Koper	Cu	99,9% Cu	$8{,}9 \frac{g}{cm^3}$	1083°C	$372 \frac{W}{m \cdot K}$	$\approx 250 \frac{N}{mm^2}$
Messing	Cu-Zn	67% Cu, 33% Zn	$\approx 8{,}6 \frac{g}{cm^3}$	930-1100°C	$93 \frac{W}{m \cdot K}$	$\approx 300\text{-}400 \frac{N}{mm^2}$

Aanwijzingen voor het maken van de stoommachine

Het bouwen begint met de bodemplaat van hardhout of met kunststof gelaagd spaanplaat.
Aanbevolen maten: 14 x 1 x 14 cm.

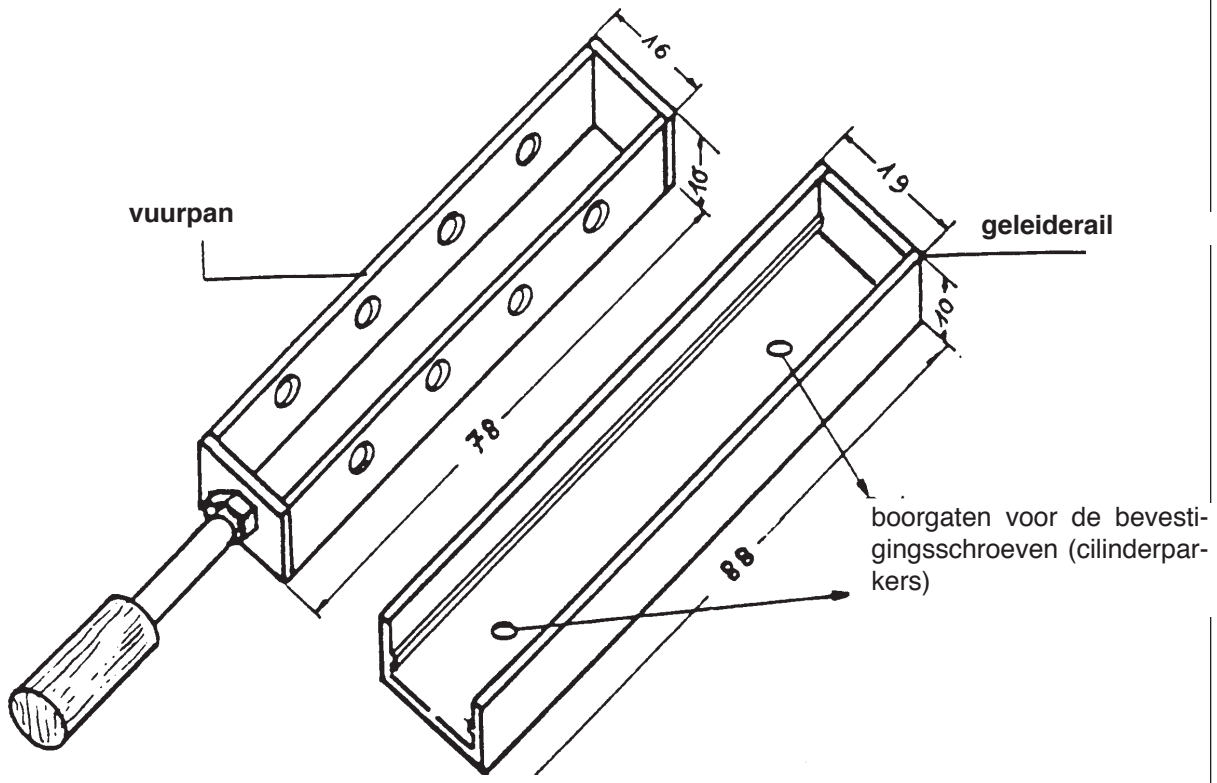
Maak als eerste bouwroep de vuurpan met de geleide rail uit de aluminium profielen. Het toepassen van een geleide rail waarborgt een gemakkelijke invoer van de vuurpan en daardoor een veilig vuur gebruikt. Extra brandbeschermende maatregelen zijn zo overbodig. De geleide rail mag je pas op de grondplaat vastschroeven, als je de gehele stoomomvormer hebt gemaakt.

Maak uit de messingstrook het ketelhuis en de bevestigingsbeugels (5 mm breed). We bevelen je aan, alvorens bovenstaande te maken eerst een kartonnen model op maat te maken. Eventuele denkfouten en mogelijke buigfouten kun je dan voorkomen. De reden van de tweedeling van het ketelhuis is, dat je dan gemakkelijker kunt buigen en minder werktijd nodig hebt. Door de beide helften over elkaar te leggen kunnen de gezamenlijke boorgaten in één keer worden geboord. Voor het afkanten zijn alle boor-, stans, en snijapparaten geschikt. Voor het maken van de halve cirkelvorm voor de ketel, is het gebruik van een gatenmaker voor blik (gatentang) aan te bevelen. Voor nauwkeurig maatwerk is het mogelijk een probleemloze verbinding met popnagels te maken.

De ketel maak je uit de messing buis. De afsluiting geschiedt middels de twee ronde messing schijven. Het boorgat voor het veiligheidsventiel moet je eerst maken, voordat je gaat hardsolderen. Door het uitzetten van de warmte van de ingesloten lucht zou anders de overdruk niet weg kunnen. Gebruik soldeer met een hoog zilvergehalte, daarmee krijg je een gunstige werktemperatuur en is het zelfs mogelijk om met een gasbrander te werken.

De dichtheid en de druk van de ketel kun je met een uitblaaspistool (draad M6) testen door er een compressor op aan te sluiten. Houdt hiervoor de ketel onder water en voer de druk niet verder op dan 4,5 bar. Pas daarna kun je rest van deze bouwgroep maken.

Vuurpan met geleiderail



Aanwijzingen voor het maken:

a) Het maken van de geleiderail (uit het 19 mm aluminium U profiel)

- Kort zo nodig het profiel af tot 98 mm
- Zaag 1 kant 10 mm in en buig dat stukje bodem omhoog
- Zaag en vijl de bovenkant vlak
- Boor twee boorgaten in de bodem voor de bevestigingsschroeven (ø 3mm).

Attentie: Schroef, i.v.m. de warmteoverdracht de geleiderail niet 'koud' op het plankje. Breng als afstandhouders 2 tussenringen aan.

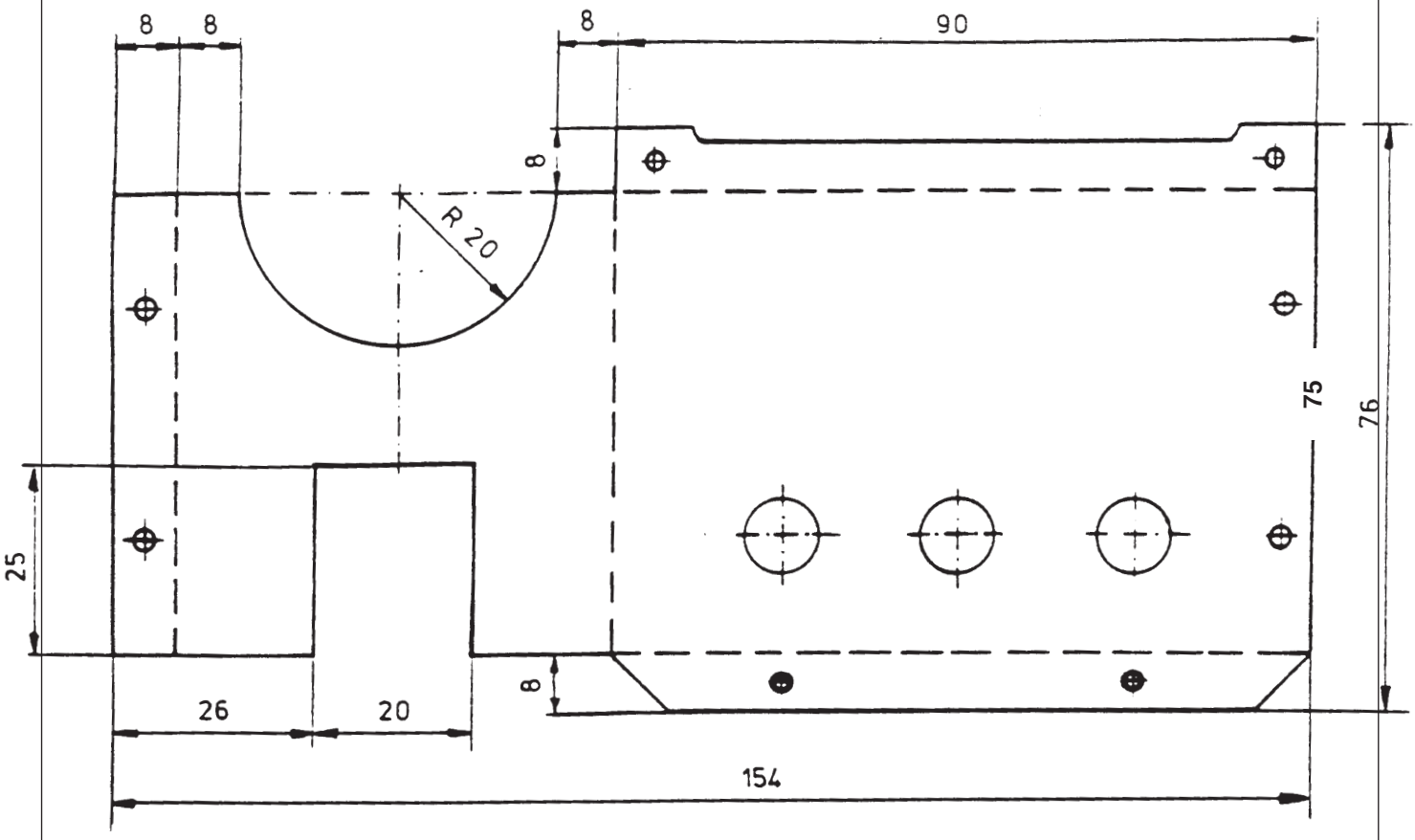
b) Het maken van de vuurpan (uit het 16 mm aluminium U profiel)

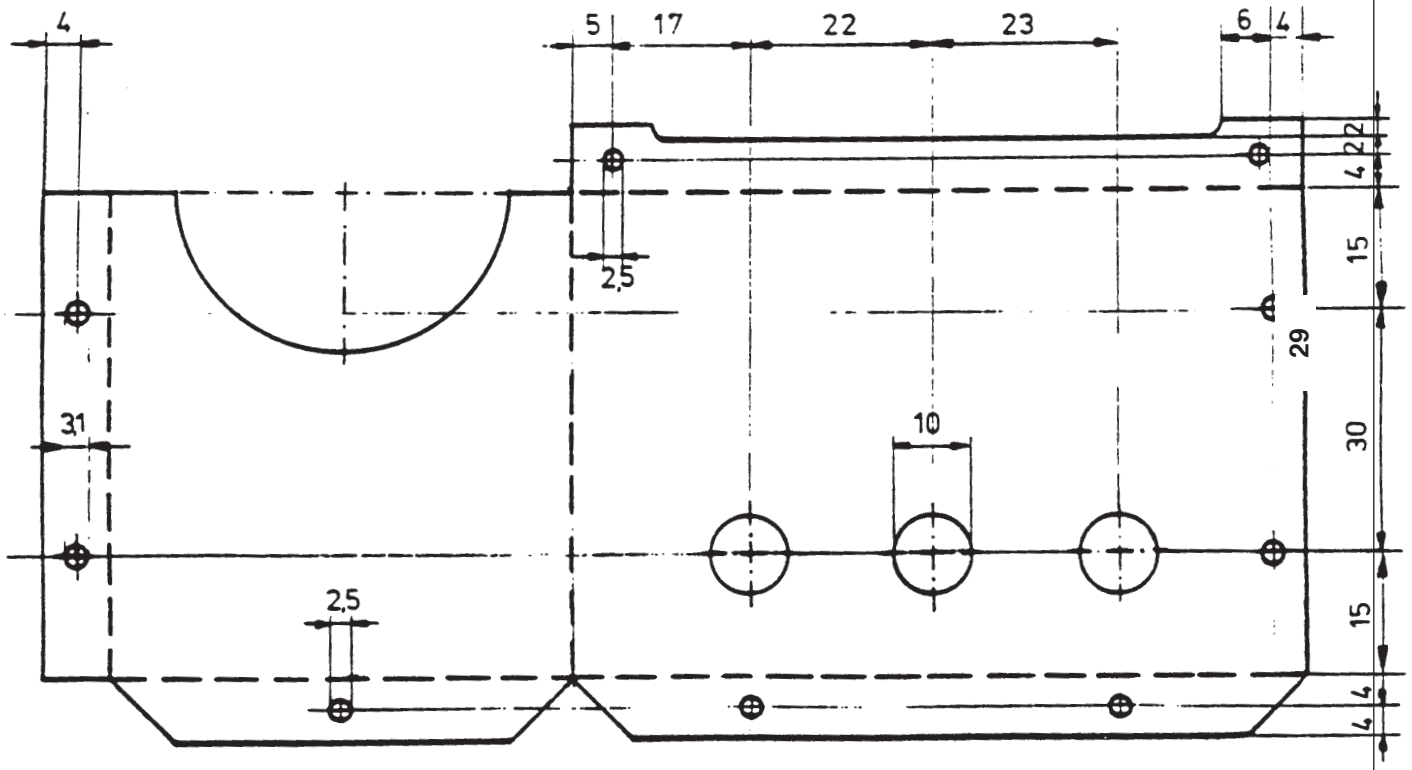
Opmerking: De vuurpan glijdt over de tweede ribbels in de geleiderail. Er kunnen twee brandstof tabletten rechtop in. De luchttoevoer vindt plaats via de boorgaten in de zijkanten, die half door de geleiderail worden afgedekt.

- Kort zo nodig het profiel af tot 98 mm.
- Zaag beide kanten 10 mm in.
- Buig de bodem aan de voor -en achterkant omhoog.
- Boor aan de voorkant in het midden een gat van ø 4 mm voor het handvat (gebruik hiervoor b.v. een draadschroef M4 x 25 mm).
- Boor vier tot vijf 4 mm gaten in de zijwanden (uit het midden, tegen de bovenkant). Boor de gaten in 1 keer door beide wanden.
- Zet de schroef vast aan de vuurpan met een M4 moer
- Maak het handvat (b.v. uit een 8 mm deuvel), boor er een gat in voor de schroef en steek hem op de schroef.

Het maken van het ketelhuis

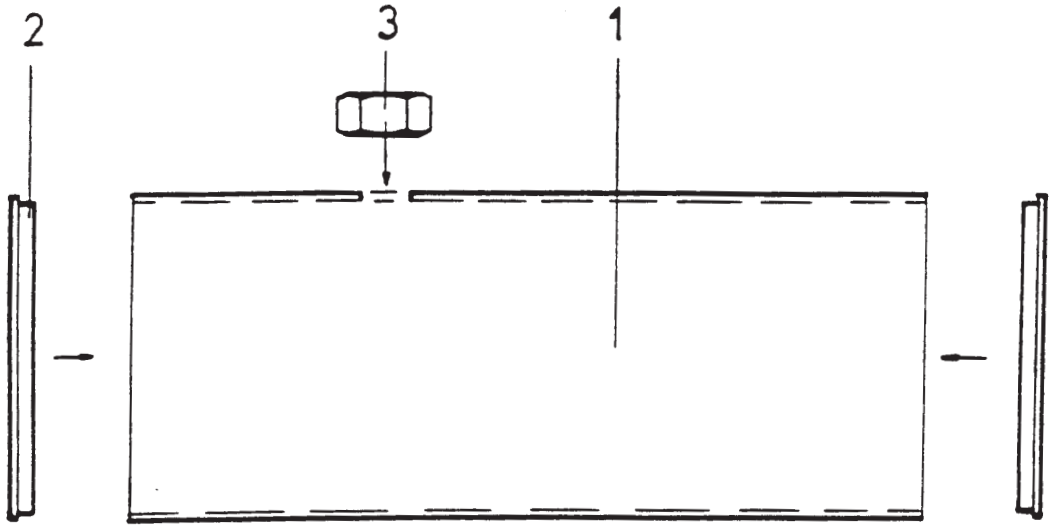
Schaal 1 : 1





Stoomketel

Schaal 1 : 1



Onderdelenlijst

Pos.	Omschrijving	Materiaal	Afmetingen
1	ketelpijp	CuZn 37	1 x 40 x 98 mm
2	afsluitkappen	CuZn 39 Pb 3	Buiten/binnen-ø 40/38 x 3 mm
3	zeskantmoer	CuZn 37	M6 (DIN 934)

Aanwijzingen voor het maken:

- Zaag zo nodig met een metaalbeugelzaag of een verstekzaag het messing pijpje op 98 mm.
- Braam deze af met een vijl of schuurpapier
- Boor het gat voor het ketelpijpje voor en boor daarna het gat van 6 mm.
- Vijl de onderkant van de zeskantmoer vlak, zodat die beter te bevestigen is
- Verwijder eventuele oxidatie met staalwol (het is altijd goed, de te solderen plekken schoon te maken)
- Doe vloeimiddel op de te solderen plekken
- Plaats de afdekkappen en soldeer ze vast met hardsoldeer
- Zet de zeskant moer op z’n plek en soldeer die vast met hardsoldeer
- Laat de ketel langzaam afkoelen (niet laten ”schrikken” in koud water!)
- Test de dichtheid en de drukvastheid in een bak water bij een druk van 4,5 bar
- Maak het keteloppervlak schoon (schuurlinnen/staalwol)

De constructie en de berekening van het veiligheids-ventiel

Het veiligheidsventiel is een heel belangrijk onderdeel van de stoomketel. Het beveiligd de stoommachine tegen een te hoge bedrijfsdruk.

Het hierna beschreven veiligheidsventiel is een direct werkend veerventiel, dat tegelijkertijd dient als vulnippel.

Je kunt het zelf maken van de M6 messing schroef, de M3 draadbout, de M3 messing moer, de drukveer en de rubber afdichtring.

Daarvoor moet je de M6 schroef inkorten en in het hart met een 3,5 mm boortje doorboren.
De M3 draadbout steek je, samen met de rubber afdichtring er van bovenaf in. Aan de onderkant doe je de andere afdichtingsring, plaats je de veer en zet die vast met de M3 moer. Voor het zuiver stellen van het veiligheidsventiel moet je de M3 moer met een vijl afronden, anders krijg je het ventiel niet in de M6 draad van de vuldop.

De berekening van de veerkracht van het veiligheidsventiel

Bepalend hiervoor is de doorsnede van de doorlaatopening (d= 0.35 cm) Vandaar uit kun je de dampdruk op het oppervlak A uitrekenen.

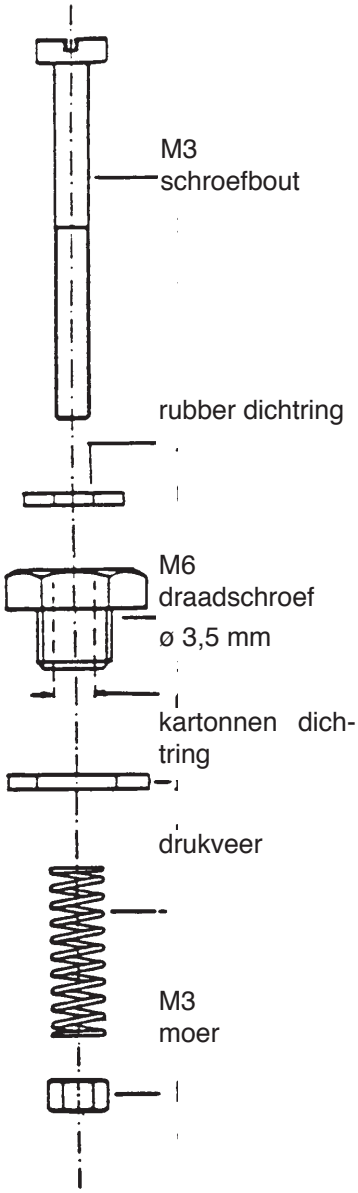
$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}35^2}{4} \approx 0{,}1\ cm^2$$

Als je het veiligheidsventiel op 2 bar wilt hebben = $20 \frac{N}{cm^2}$ dan kun je dat met de volgende formule berekenen:

$$\text{Druk} = \frac{\text{kracht}}{\text{oppervlak}} \qquad p = \frac{F}{A}$$

De veerkracht wordt dan $F = p \cdot A$

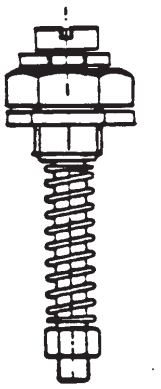
Dus: $F = 20 \frac{N}{cm^2} \cdot 0{,}1\ cm^2 = \underline{2\ N}$



veerventiel

Dit betekent, dat het zelf gebuwde ventiel opent bij 200 gram.
Het zuiver stellen kun je doen met behulp van een keukenweegschaal. Daarbij moet je er op letten, dat je de dubbele bedrijfsdruk niet overschrijdt. Dit betekent een gewichtsbelasting van 300 gram.

Omdat de zuiger van het machinegedeelte axiaal- en veergelagerd is, werkt die als een 2e veiligheidsventiel. Hierdoor is een maximale veiligheid gewaarborgd.



Aanwijzingen voor het maken van de stoomomvormer

In de stoomomvormer wordt de energie van de stoom omgezet in een beweging. De feitelijke machine bestaat uit

- Hoekhouder met cilinder- en vliegwiellager
- Cilinder en zuiger
- Zuigerstang met zuigerstanglager
- Vliegwiel met aandrijving.

Voor het maken van de stoomomvormer moet je zorgvuldig en precies werken.

Hieronder staan de werkstappen stuk voor stuk omschreven met de bijbehorende aanwijzingen.

I Cilinder-hoekhouder

- Teken en kort zo nodig de messing hoekhouder af.
- Vijl de kantvlakken
- Teken de boorgaten af en boor de beide gaten voor de bevestigingsschroeven
- Verzink de gaten met een kegelpons
- Teken en boor de gaten voor de cilinder- en het vliegwiellager (Gebruik eventueel een kraspen)
- Maak een absoluut spiegelglad vlak, waar de cilinder tegen aankomt (zoetvijl en polijsten)
- Controleer het gladde oppervlak met een haarliniaal! (Iedere oneffenheid betekent stoomverlies)
- Kort het lagerpijpje voor het vliegwiel af
- Maak een olieboring
- Zet het lagerbusje er in en richt het uit
- Soldeer het lagerbusje met zachtsoldeer aan de hoekhouder

II Vliegwiel

- Boor voor het excentrische lager op de verzonken cirkel (r= 12 mm) het gat.
- As (7) bij perspassing haaks in het vliegwieel drukken (gebruik als pers een bankschroef) of bij overgangspassing haaks in het vliegwiel solderen. As (13) haaksin het vliegwiel drukken (gebruik een bankschroef als pers)
- Voer de as in het lagerbusje (Lagerbusje evt. met een 4 mm ruimer (boor) ruimen
- Boor het snoerwiel op tot 4 mm doorsnede
- Monteer het vliegwiel met as, tussenringen en stelring

III Cilinder

___(Zie hiervoor het werkblad met detailtekening en aanwijzingen voor het maken.)

IV Zuiger en zuigerstang

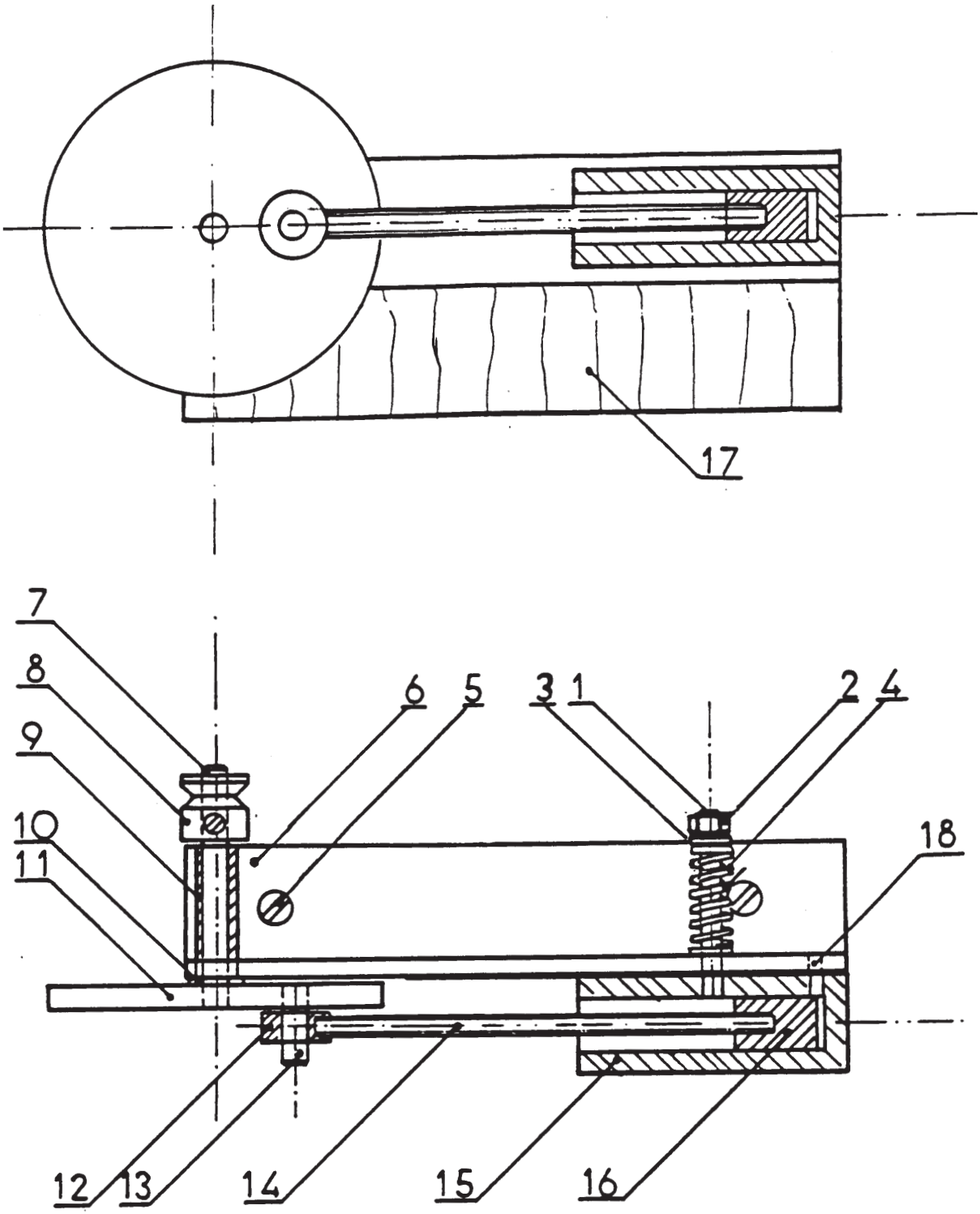
- Kort de zuigerstang in (70 mm)
- Breng de M4 schroef met buitendraad aan op zuiger en zuigerstang
- Zuigerstanglager (stelring) met oblieboring

Je kunt de stoomomvormer monteren, na het maken en bewerken van alle machine onderdelen.

De cilinder wordt door de aandrukveer tegen het spiegelvlak gedrukt. Met de schroef kun je de veerkracht instellen.

De stoomomvormer (zonder maten)

Schaal 1 : 1



Stoomomvormer

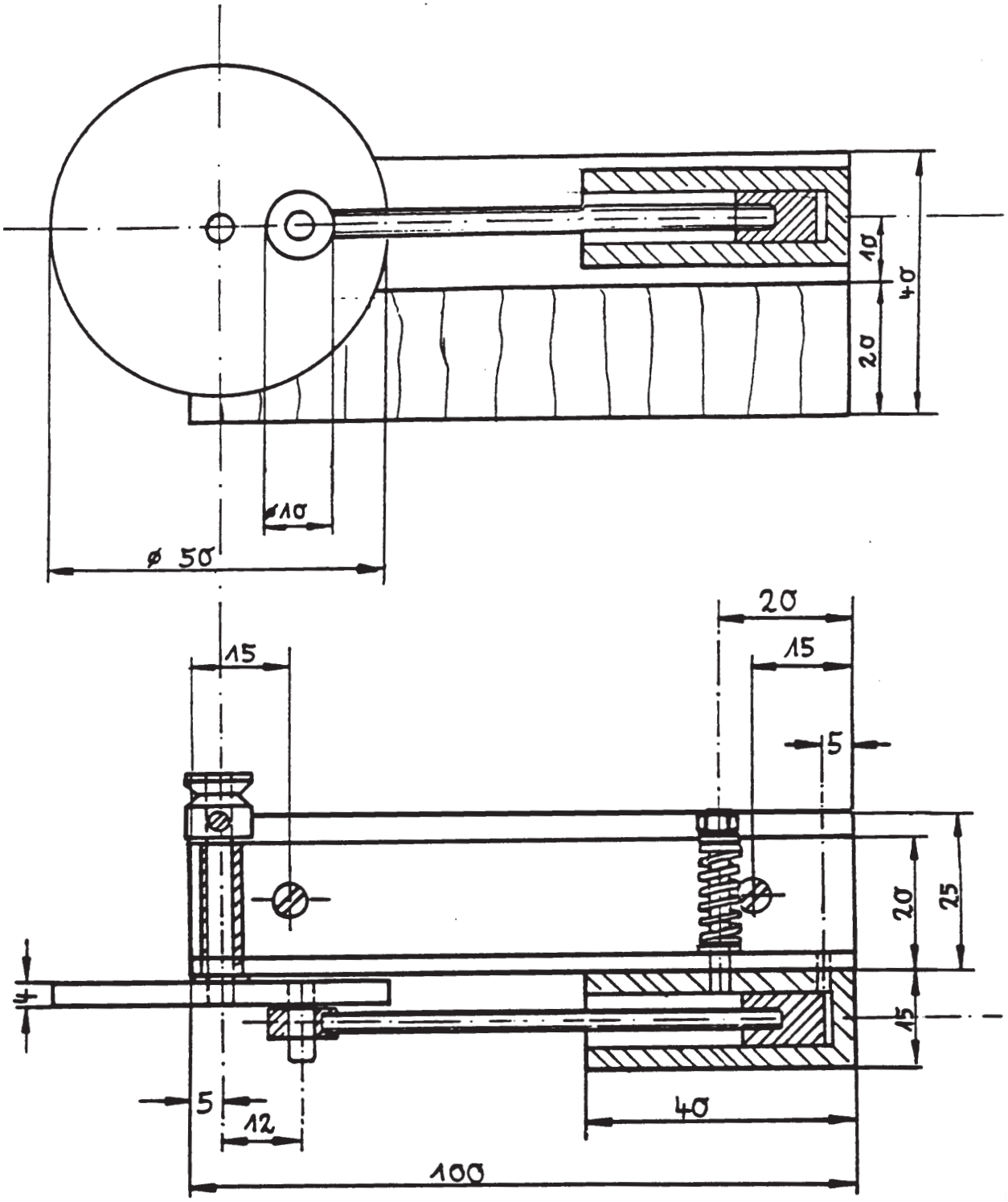
Onderdelenlijst en werkbeschrijving

Pos.	Omschrijving	Afmetingen in mm	Aanwijzingen
1	Cilinderophanging	M 3 x 20	Lijm de draadstift aan de cilinder (draadlijm)
2	Aandrukmoer	M 3	
3	Tussenring	binnen ø 3	
4	Drukveer (edelstaal)		Kant en klaar product
5	Bevestigings-schroef	3 x 20 (verzonken kop)	Verzink het boorgat in de hoekhouder (ø3,5 mm)
6	Hoekhouder	100 x 20/20 x 2	Spiegelglad aan de buitenkant, cilinderlager ø 3 mm, boorgat voor het vliegwiel ø 6 mm
7	Vliegwielas (staal)	4 x 36 (binnen ø 4)	Bij perspassing in het vliegwiel drukken; Bij overgangspassing in het vliegwiel solderen;
8	Aandrijfwieltje	kant en klaar product	Opboren tot 4 mm. Bevestigen met schroefje
9	Vliegwiel lagerbus	ø 6 x 20	Soldeer dit in de hoekhouder, 1,5 mm aan de bovenkant, evt. met een 4 mm ruimer (boor) ruimen
10	Tussenring	binnen ø 4	
11	Vliegwiel	kant en klaar product	Boor het gat voor het excentrische lager in de verzonken cirkel, met boor ø 3,9 mm
12	Zuigerstanglager (stelring)	kant en klaar product	Aan de bovenkant 1,5 mm evt. 1mm afnemen.
13	Excentrische as (staal)	ø 4 x 10	Pers dit in het vliegwiel
14	Zuigerstang	ø 4 x 68	Snij aan het einde M4 draad met telkens 5 mm lange groeven
15	Cilinder	kant en klaar product	Maak de vlakken spiegelglad. Boor in het midden M3 draad en verzink dit licht (zie bijlage).
16	Zuiger	kant en klaar product	Schroef deze aan de zuigerstang (M4)
17	Machine bok (hardhout)	100 x 20 x 25	
18	Stoom toevoer- en afvoer gat	ø 2	Maak de boorgaten pas nadat je de bijzonderheden op pagina 21 hebt gelezen!

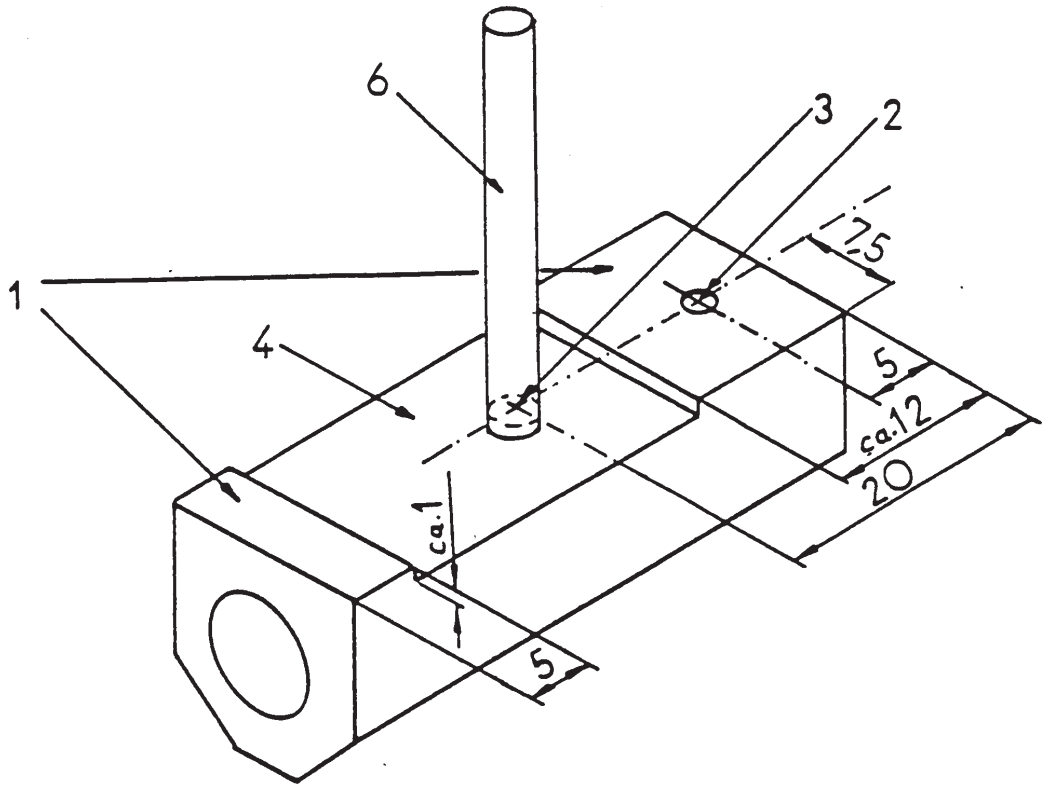
Alle materialen zijn, voor zover niet anders aangegeven, van messing.

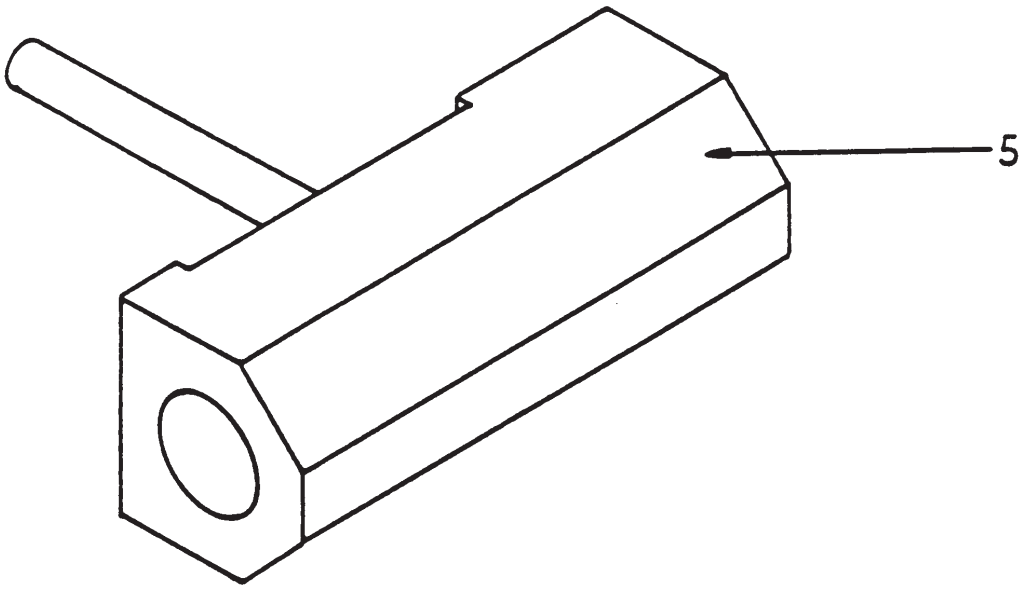
Stoomomvormer (met maatvoering)

Schaal 1:1



Cilinder
Schaal 1 : 1





Aanwijzingen voor het maken:

- Spiegelvlak (pos 1) glad vijlen
- Evt. wat materiaal eraf om het wrijfoppervlak te reduceren
- Teken de boorgaten af en pons de punten in
  Boor stoom-gat (pos. 2) met een 2 mm boor
  Boor het kern gat (pos. 3) voor met een 2,5 mm boor
- Snij de M3 binnendraad (pos 3)
- Haal evt. wat van de buitenkanten van de cilinder (pos 5) (massa reductie)
- Soldeer -of lijm de cilinder-as (draadstift)
  Attentie: De draadstang mag de binnenkant van de cilinder niet raken
- Ruim evt. de cilinderboring met een 8 mm ruimer (boor)

Vaststellen van de plaats voor de stoom in -en uitlaat in de cilinderhouder

Het vaststellen van de plaats voor de stoom in -en uitlat wordt bepaald door twee posities van de cilinder (zie de hierop volgende tekening).

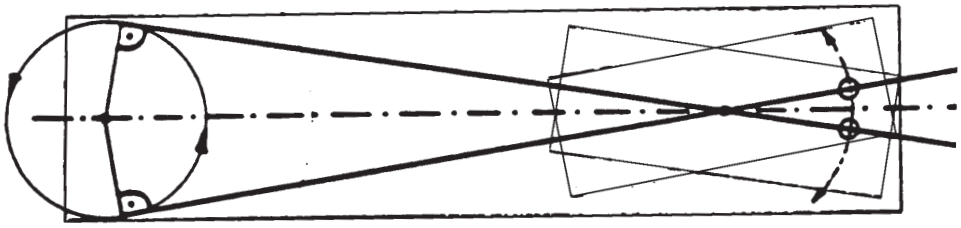
De stoom moet achter in de zuiger kunnen, als dit zo staat, dat het excentrische lager in een rechte hoek tot de draairadius staat. Dat is het grootst mogelijke draaimoment. Overeenkomstig wordt het spiegelbeeld, gerekend vanuit de as, de stoomuitlaat bepaald.

Het eenvoudigste leg je de plaats van de stoom in -en uitlaat vast, door van een popnagel (ø 2 mm) een kraspen te maken en deze in het 2 mm stoom-gat van de cilinder te steken. De popnagel moet 1 - 2 mm uitsteken. Monteer nu de zuiger met zuigerstang en vliegwiel in z'n geheel. Draai de machine meerdere keren door met de hand. Daarbij moet de cilinder goed op het spiegelvlak aansluiten. Door de kiepbeweging van de cilinder wordt de plaats van het stoom-gat middels de kraspen overgebracht op het spiegelvlak van de hoekhouder. De beide einden van de cirkelbogen geven het middelpunt aan van het stoomgat (die liggen ongeveer 4-5 mm uit elkaar). Leg de plaats vast met een centerpons en boor een gat van ø 2 mm.

Nadat je de machine weer hebt gemonteerd, kun je hem proef latendraaien met perslucht (max. 2 bar). Door het reduceren van de luchtdruk bij de compressor, kun je nu voor het eerst iets zeggen over de prestaties van de machine.

De verbinding tussen de ketel en het machine gedeelte komt na het proefdraaien.Hiervoor kun je de ketel en de stoominlaat opboren tot 4 mm. Monteer het rechtgebogen koperen pijpje en soldeer het met zachtsoldeer vast.

Attentie: Smeer alvorens hem in gebruik te nemen, eerst de zuiger en het lager!
De machine niet overbelasten!



Boorsjabloon op maat
Schaal 1 : 1

In bedrijfstelling en waarschuwing

Na het maken van alle mechanische delen aan de ketel, de vuurkast, het machine gedeelte en het samenbouwen van alle onderdelen volgen nog de controle op de werking en de veiligheidsproeven. Dan komt het grote ogenblik, het in bedrijfstellen van de stoommachine.

Uit ervaring weten we dat de leerlingen in deze eindfase de bekende regels wel eens willen vergeten. Hoewel de stoommachine robuust is gebouwd, kan er onherstelbare schade ontstaan door onvolkomenheden.

In de eerste plaats moet de optimale veiligheid gewaarborgd zijn. Het is aan te bevelen voor de uiteindelijke in bedrijfstelling een laatste controle uit te voeren. Gebruik hiervoor luchtdruk (ca. 3 bar). Hierbij kan dan meteen het veiligheidsventiel getest worden. Let er daarbij op, dat zuiger, cilinder en alle lagers vooraf grondig met machine -of motorolie worden gesmeerd. Hierdoor wordt onnodige slijtage voorkomen.

Na deze laatste draaitest kun je de stoommachine voorbereiden voor de stoomprocuctie. Hierbij speelt de kwaliteit en de hoeveelheid van het ketelwater een belangrijke rol. Het beste kun je gedistilleerd water gebruiken, om ketelsteen te vermijden. Vul de ketel tot maximaal 2/3 van de totale inhoud. Een kleinere hoeveelheid betekent minder opwarmtijd, maar leidt ook sneller tot oververhitting. Bij een volle ketel wordt het water in de cilinder gedrukt, wat eventueel tot beschadiging kan leiden. Als de bouwvoorschriften van de ketelafmetingen zijn gevolgd (lengte 100 mm, binnen diameter 38 mm, ketelinhoud (113,4 cm^3), dan is de optimale vulling ca. 60-75 ml. Deze hoeveelheid is ook afgestemd op de 2 brandstoftabletten.

Berekeningsvoorbeeld:

Om 60 ml water van 20° C naar 120° C (bij ca. 1,5 bar) te verhitten heb je aan warmte nodig:

0,06 x 100 x 4,2 = 25,20 kJ

Om dezelfde hoeveelheid te verdampen heb je nodig:

0,06 x 2257 = 135,42 kJ

Totaal benodigde energie hoeveelheid: 160,62 kJ

Voor het verdampen van water heb je dus bijna 6 keer zoveel energie nodig als voor het opwarmen!

Het rendement van de ketel ligt bij eenvoudige cilinderketels op ca. 60%. Dat betekent, dat er voor het opwarmen en verdampen van 60 ml water ca. 267,7 kJ nodig is.

Een Esbit-tablet van 3.9 gram heeft volgens de producent een warmte waarde van 110 kJ.

Hieruit volgt, dat de warmte productie van twee tabletten een energie opwekt van 220 kJ.

Uit deze berekeningen blijkt, dat er met 60 ml water en 2 brandstoftabletten geen gevaar is voor oververhitting.

In tegenstelling tot brandspiritus kan de vaste brandstof zonder gevaar worden aangestoken. Desalniettemin bevat het verbrandingsproduct formaldehyde. Daarom mag dit uitsluitend gebruikt worden in de vrije ruimte resp. goed geventileerde ruimtes.

Wijs de leerlingen op mogelijk verbrandingsgevaar door hete metalen delen, alsmede op het gevaar van de hete stoom. (Reeds weinig stoom kan door de vrijkomende condensatiewarmte op de huid zware verbrandingen bewerkstelligen).

Neem voor het in bedrijf stellen van de stoommachine ruim de tijd, zodat de leerllingen kunnen genieten van hun succes. Van dichtbij kunt u een eenvoudige kwaliteitsbeoordeling van de gemaakte modellen maken, door de looptijd van de machines, met vergelijkbare water en brandstofhoeveelheden te meten. Natuurlijk alleen bij vergelijkbare technische gegevens van de machine onderdelen.

Na het gebruik van de zelfgemaakte machines is het vanzelfsprekend, dat die met grote zorgvuldigheid worden schoongemaakt en opgeborgen. Heel belangrijk is het, dat de ketel helemaal wordt geleegd. Ook moeten de zuigers, de cilinders en alle lagers goed geolied worden.

Het conserveren van de stoommachine (voor b.v. een tentoonstelling) gaat het best met een dunne laag kleurloze fixeer.

PRAKTISCHE TIPS

Vuurpan en geleiderail:

- Steek de beide profielen in elkaar en zaag ze gelijktijdig af (verstekzaag)
- Boor alvorens te buigen eerst alle gaten!

Ketelhuis:

- Verbindt de beide koperen stroken met crêpeband en fixeer ze op een houten ondergrond. Op deze manier kunnen de gaten zonder gevaar worden geboord!
- Beugels over een pijp van ø 25 mm voor buigen. Eventuel met 3 mm popnagels vastzetten.

Cilinder:

- Boor de M3 draad met een kolomboormachine (draai de boorkop met de draadboor handmatig).
- Pas de zuiger in de cilinder met behulp van slijppasta (evt. tandpasta).

Vliegwiel:

- ”Uitbalanceren” door het boren van een gat bij het lager (ø 4 mm).
- Pers met de bankschroef de vliegwiel-as evt. met inrichting (stalen cilinder met een inwendig boorgat van 4 mm). Je kunt ook een kolomboor als pers gebruiken.

Zuigerstang:

- Schroef de zuigerstang niet vast. Door hem zijdelings te verdraaien is een optimale positionering mogelijk.

Spiegelvlakken:

- Schuur de glijvlakken glad met korrel 500 nat schuurpapier. Gebruik hierbij machineolie op een glasplaat.

Stoompijp:

- Maak de leiding zo kort mogelijk. Hiermee voorkom je voortijdige condensatie van de stoom.
- Voor isolatie van de stoomleiding kun je deze evt. omwikkelen met touw of iets dergelijks.

Bijlage voor de materiaal-set ”stoommachine”

Bete collega,

U hebt besloten om met uw leerlingen een heel speciaal metaal werkstuk te maken. Met de OPITEC materiaal-set is het mogelijk om onder uw leiding met elke leerling een functionerende stoommachine te maken. Houdt u hierbij aan de handleiding.

1. **Ketel testen:** Verdrievoudig de bedrijfsdruk
2. **Fixeren van het veiligheidsventiel:** Na het ijken op eendruk van 1,5 bar vastzetten met b.v. hittebestendige lijm of borgpen.
3. **Het kentekenen** van de machine en de ketel:
   - De druktest 4,5 bar
   - De bedrijfsdruk max. 1,5 bar
   - De watervulling 0,06 liter
4. Als de ketel op druk ”goed” is getest, de ketel dienovereenkomstig kentekenen (b.v. met slagletter ”G”)
5. **Het veiligheidsventiel:** Elke keer als de machine in gebruik wordt genomen deze controleren op de gangbaarheid (heen en weer)
6. De ketel alleen vullen met gedistilleerd water
7. Controleer voor het in bedrijf nemen de waterstand in de ketel
8. De machine mag alleen maar met 2 Esbittabletten worden verhit
9. Het is aan te bevelen veiligheidshandschoenen te dragen

Wijs de leerlingen regelmatig op deze veiligheidslijst, alsmede op het gevaar van verbranding door hete onderdelen en condenserende stoom. Vermeldt dit in het klassenboek.