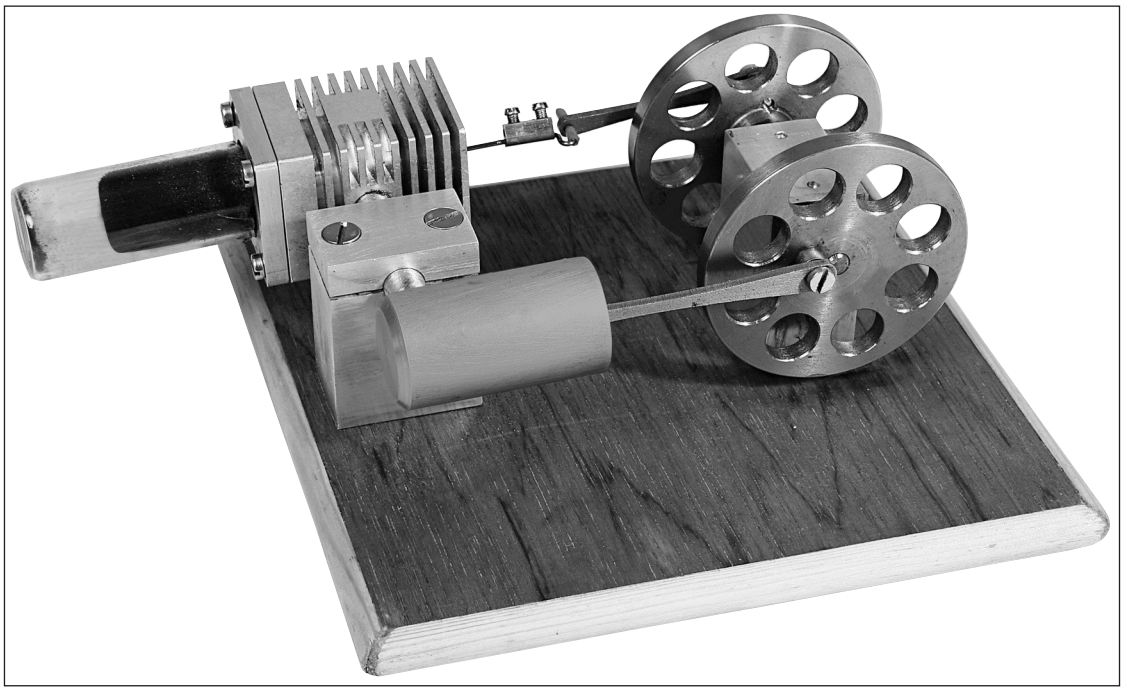
OPITEC

112.778

Motore ad aria calda Stirling

Avvertenza:

I kit della OPITEC non sono generalmente oggetti a carattere ludico che normalmente si trovano in commercio, ma sono sussidi didattici per sostenere l'insegnamento e l'apprendimento.Questi kit possono essere costruiti e utilizzati solo da bambini e ragazzi sotto la guida e la supervisione di adulti esperti. Non adatto per bambini sotto i 36 mesi. Pericolo di soffocamento!



Indice:

1. Informazione sul contenuto didattico
2. Descrizione dei materiali
3. Attrezzi di lavoro che servono per il montaggio
4. Informazioni preliminari
5. Funzionamento del motorino Stirling
6. Elenco degli attrezzi
7. Elenco dei materiali
8. Realizzazione dei singoli componenti
9. Costruzione
10. Messa in funzione

1. Informazioni sul contenuto didattico dell'oggetto:

Tipo: modellino di funzionamento in kit

Adatto per: nella materia Tecnica nelle scuole tecniche oppure nelle professionali dopo la 3° classe media

2.1. Informazioni sui materiali impiegati

Materiale: acciaio (ferro)

Lavorazione: segare, limare, forare, accecare

Congiunzioni: avvitare, incollare

Trattamento delle superfici: lubrificarevita

2.2. Materiale: alluminio, metallo leggero
Leggero, non magnetico, tenero

Congiunzioni: avvitare, incollare

Trattamento superficie: lubrificare

2.3. Materiale: ottone (lega tra zinco e rame)
duro, non elastico

Lavorazione: segare, limare, forare, acceccare, filettare

Congiunzioni: incollare, incastrare

Trattamento del le superfici: lubrificare

2.4. Materiale: compensato, a più strati
deve essere asciugato prima di lavorarlo

Lavorazione: forare, accecare, levigare,
tracciare secondo le misure oppure sagome

Congiunzioni: avvitare

Trattamento delle superfici: cerare (stato liquido oppure solido)
vernici per legno (fondo e seconda mano)
tinteggiare (a colore e a base di acqua -
quindi 1 mano di vernice protettiva;

3. Attrezzi da impiegare:

Limare: utilizzare il taglio delle lime a seconda la necessità, per lavorazioni fini utilizzare lime per lavori di precisione.

Attenzione: le lime vanno utilizzate dando pressione di lavoro solamente con spinta in avanti..

Segare: **Sega per metalli:** per tagli diritti

Attenzione: le lame vengono fissate con la dentellatura rivolta in avanti, dare pressione di lavoro solamente con la spinta in avanti.

Forare: utilizzare trapano elettrico munito di colonna.

Attenzione: rispettare tutte le norme di sicurezza (capelli lunghi, catenine, vestiti penzolanti, occhiali di protezione e utilizzare morsetto di bloccaggio).
Utilizzare l'esatta misura di punta e badare che essa sia ben affilata.

Levigare: utilizzare blocchetto per levigatura, scegliere la giusta grana di carta,

4. Considerazioni preliminari

Il principio del motore ad aria calda è il trasformatore di energia scoperto nell'anno 1827 e solo la vaporiera è più vecchia come sistema di trasformazione. Però già dall'inizio di questo secolo vennero sostituiti questi due sistemi dal motore Otto e Diesel. Mentre la vaporiera ormai è presente solamente nei musei si prosegue con sistema Stirling eseguendo sempre nuovi esperimenti. Il motivo di questi studi sta nel fatto che ci sarebbero notevoli vantaggi rispetto i sistemi tradizionali a pistone ed ad esplosione.

- Vantaggi:

- Per l'azionamento possono venire utilizzate varie materie prime. Fonti di energia possono essere combustibili allo stato solido, liquido oppure a gas ma anche accumulatori termici ed energia solare.

- Alto rendimento

si ottiene un rendimento del 40% ed oltre.

- Sistema chiuso

Come mezzo di lavoro possono venire utilizzati quasi tutti i gas (per es. aria, elio, argon, idrogeno,). Se la macchina viene azionata essa funziona come macchina frigorifera priva di scarichi di CFC. I residui della combustione non possono finire nelle parti mobili.

- Grazie alla combustione esterna ed uniforme abbiamo un basso tasso di emissioni nocive ed inoltre il funzionamento assai silenzioso.

- Moto di vibrazioni ridotte

A causa della continua combustione esterna non si raggiungono alte punte di pressione quindi il motore Stiring anche girando ad alti giri non genera vibrazioni e di conseguenza il motore funziona in modo assai silenzioso.

- Bassi costi di manutenzione

Il motore Stirling è composto di pochi componenti e siccome non genera forti vibrazioni e le parti interne quasi non devono venire lubrificate e di conseguenza non serve una manutenzione impegnativa e costosa.

- Campi di utilizzo

I motori Stirling vanno utilizzati per es. come macchine frigorifere Motori per paesi in via di sviluppo - modelli in fase di preserie

- modelli in fase di preserie

Motori per paesi in via di sviluppo	- modelli in fase di preserie
Azionamento di generatori	- modelli in fase di preserie
Azionamento di navi	- prototipi
Azionamento di autocarri	- prototipi
Volo spaziale	- prototipi

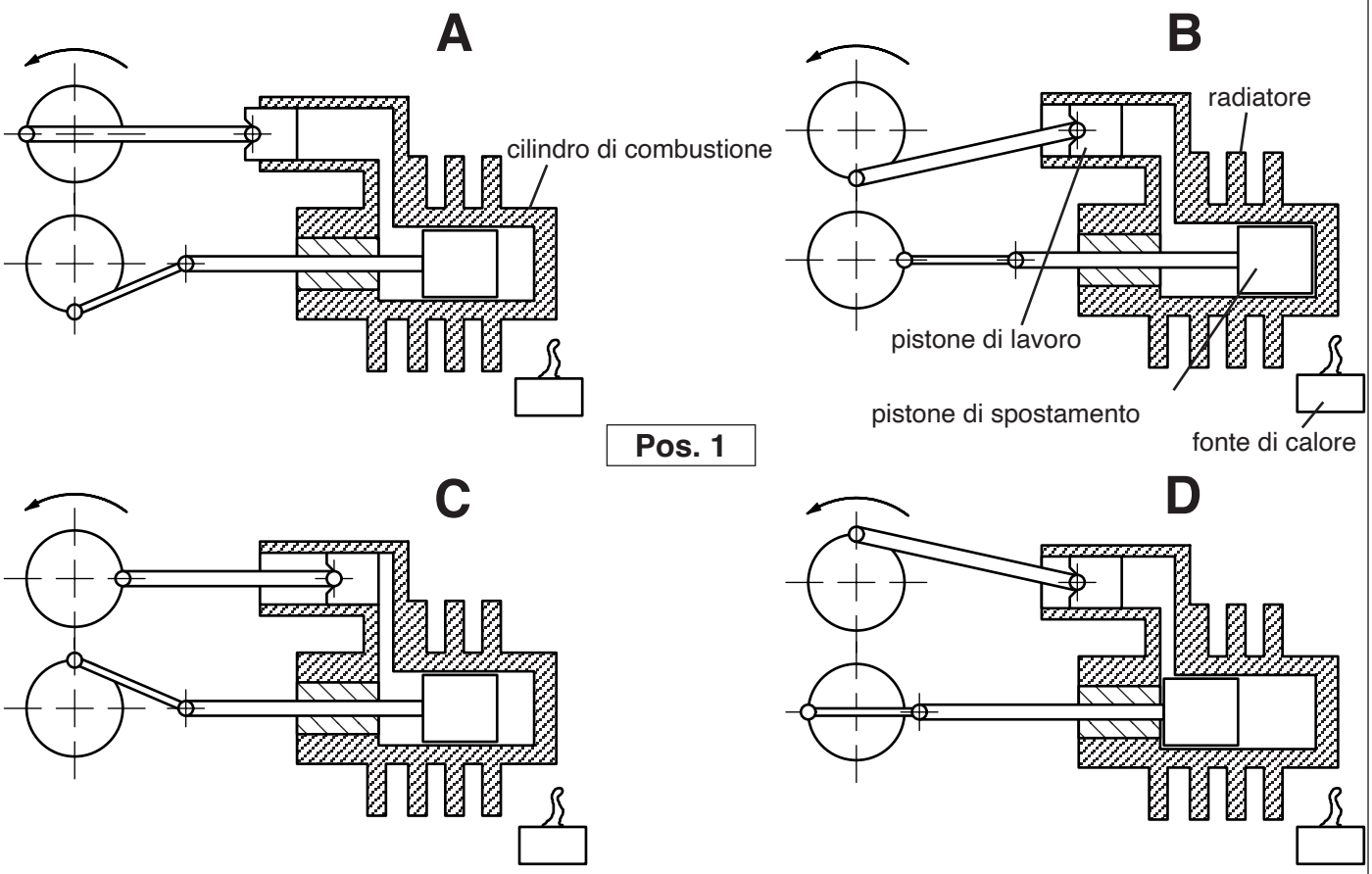
Svantaggi del motore Stirling:

- Peso eccessivo
- Alte pressioni
- Grandi radiatori (scambio di calore)
- Problemi di tenuta stagna
- Alte esigenze di qualità dei materiali impiegati
- Il sistema è poco conosciuto
- Finora non ci sono dei rilevanti vantaggi economici

Il motore Stirling, nonostante i tanti svantaggi, nei prossimi anni potrebbe affermarsi sul mercato. Le macchine azionate con questo sistema acquisteranno sempre maggior importanza. Nella tecnica frigorifera già oggi esse hanno acquisito una buona fetta di mercato.

5. Funzionamento del motore Stirling

La costruzione ed il funzionamento del motore Stirling sono esposti nel dis. 1. Il modellino da costruire è composto da 2 cilindri adiacenti che sono congiunti tra di loro con un tubo. Il pistone di lavoro è aperto ad una estremità. Tra il pistone di spostamento e il cilindro di combustione c'è una piccola apertura attraverso la quale scorre l'aria. Tutti e due i pistoni lavorano spostati di 90° tra loro su un albero a gomito. La fonte di calore viene aggiunta all'estremità del pistone di spostamento (cilindro di combustione). Il radiatore ci garantisce una differenza di temperatura più alta e quindi una resa maggiore.
La spiegazione del funzionamento parte dalla situazione esposta alla lettera A.



Pos. 1

A: L'aria che sta nel cilindro di lavoro è raffreddata. Abbi amo una leggera depressione che attira il pistone nel cilindro ed in questo modo abbiamo un maggior volume di aria. Il pistone di spostamento si muove verso la parte riscaldata del cilindro e sposta l'aria riscaldata verso la parte più fredda. In tal modo viene aggiunta forza meccanica.

B: Il pistone di spostamento nel frattempo ha raggiunto l'estremità superiore del cilindro e ha sospinto l'aria calda verso il pistone di lavoro. I due volani provvedono che il pistone di lavoro venga sospinto nel cilindro di lavoro.

C: Mentre al comma C il pistone di lavoro sospinge l'aria raffreddata verso il cilindro di combustione il pistone di spostamento si muove verso la parte raffreddata del cilindro di spostamento. Mentre avviene ciò scorre l'aria fredda nel tubo riscaldato e viene riscaldata, si espande e spinge sul pistone di lavoro. Viene prodotta forza meccanica.

D: Mentre il pistone di spostamento raggiunge il punto morto inferiore D, il pistone di lavoro viene spostato ancora dalla forza di espansione, vedi dis A.

6. Attrezzi da lavoro che servono per la realizzazione del motore Stirling

- banco da lavoro con morsa fermapezzo (ganasce di protezione)	
- trapano a colonna	309.757
- morsa fermapezzo (munito di ganasce)	365.107 (365.048, 365.059)
- seghetto per metallo (Puk)	350.378
- martelletto (200 g)	343.055
- calibro	366.043
- squadra	366.496
- punta per tracciare	366.146
- bulino	342.061
- punta centrante (ø 1,6 mm)	333.589
- alesatori (ø 2, 4, e 5 mm)	333.590, 302168, 333.604
- lima semitonda taglio 2 e event. lima tonda	367.399, 367.403
- filettatore manuale	347.066
- filettatore maschio M4 / M3	347.022, 347.011
- svasatore (ø 15)	333.578
- compasso	366.191

- punte per metallo HSS (ø 1, 1,8, 2,5, 3,0, 3,1, 3,3, 3,8, 4,1, 7,0, 8,0, 11,0, mm) 330019,330 363,330042,330189,302064,330146,330185,330167 gli altri utensili: vedi cat. gen.

Materiali ausiliari

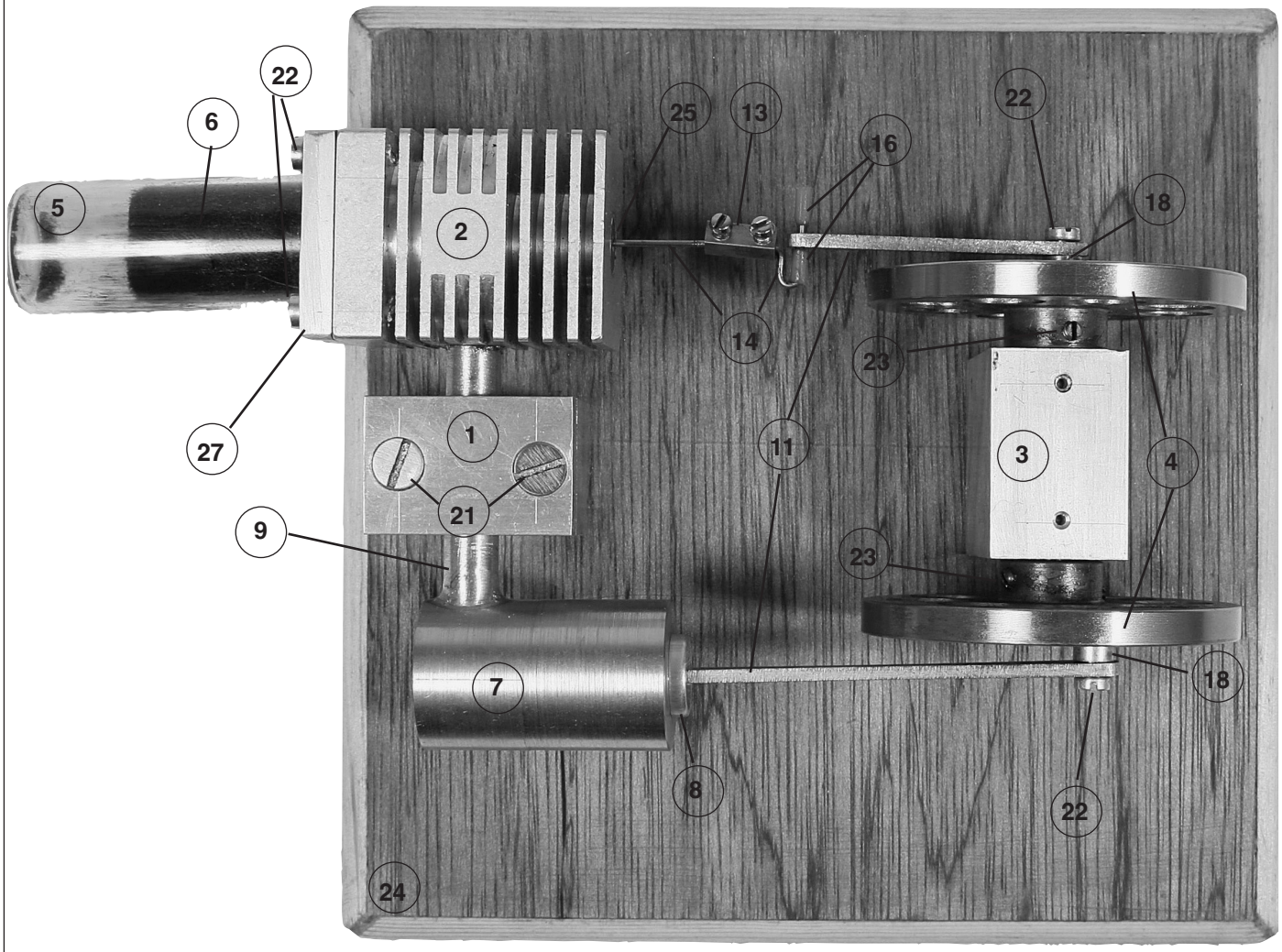
- collante a 2 componenti	300.317
- olio lubrificante per macchine	439.425
- carta smeriglio	662.246, 662.279

7. Elenco componenti

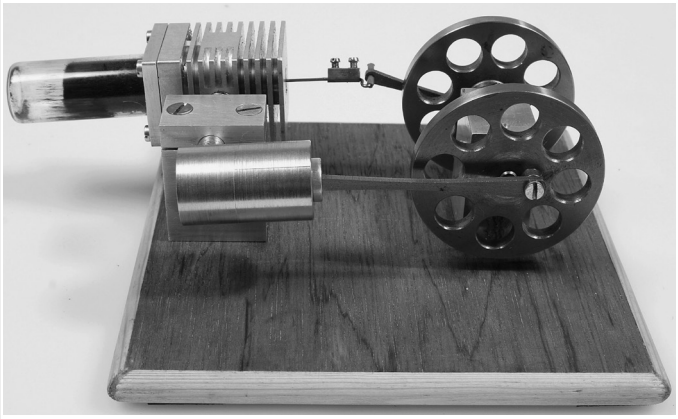
Pos	quantità	descrizione	dimensioni mm	utilizzo
1	1	blocchetto alluminio	20x30x40	supporto motore
2	1	blocchetto alluminio, forato	30x30x38	radiatore
3	1	blocchetto alluminio	20x30x40	supporto cuscinetto
4	2	volani in acciaio	ø 55x5	volano
5	1	provetta	(Ø20x1,2)x55	cilindro da riscaldare
6	1	spostamento lana d'acciaio molto fina	15x85x180	pistone di spostamento (rigeneratore)
7	1	cilindro alluminio con foro	(22x5)x40	cilindro di lavoro
8	1	cilindro d'alluminio con foro	(12x2,5)x16	pistone di lavoro
9	1	tubo in ottone	(8x2,5)x43,5	tubo di collegamento
10	1	tondello acciaio	ø5x100	asse e biella
11	1	barretta acciaio	(10x2)x120	biella 1/2
12	1	anello O	ø20x2	guarnizione tra radiatore, flangia e cilindro di sposta mento
13	1	morsettiera con due viti	5x4x10	congiunzione tra astina di biella e astina dello spostamento
14	2	spinotto d'acciaio	ø 1x200	astina per il cilindro dispostam ento e congiunzione tra biella e astina di spostamento (gancio)
15	2	boccola in ottone	(4x0,5)x6	distanziale del volano
16	1	tubo di silicone	ø3x1x20	guida della biella per due pezzi (3mm e 7mm)
17	2	boccole in ottone	(7x1)x7,5	cuscinetto nel supporto
18	2	boccole in ottone	(6x1)x3,5	boccole dei volani
19	1	spinotto in acciaio	2x12	fissaggio biella del pistone di lavoro
20	1	gomma crepla	ca. 96x100	piedini per la piastra base
21	6	viti a testa svasata	M4x16	fissaggio del supporto motore e supporto cuscinetto
22	6	viti a testa cilindrica	M3x10	fissaggio delle boccole dei volani e flangia
23	2	viti a brugola	M3x6	congiunzione tra volani e assi
24	1	piano base in legno	140x140x10	piastra sulla quale viene montato il modello
25	1	boccola di ottone	3x1x18	cuscinetto nel radiatore
26	2	rondelle	ø 18/6,4	supporto per supporto cuscinetto
27	1	flangia	(30x30) con foro ø20	guarnizione per il radiatore e cilindro di combustione

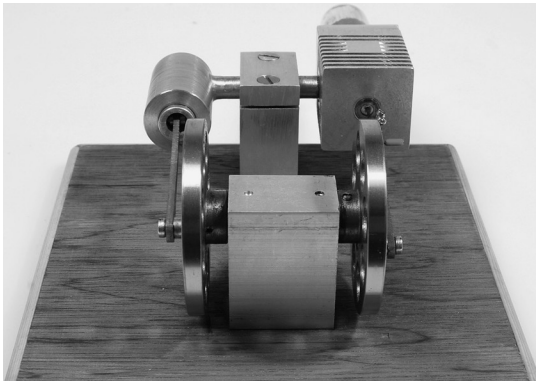
8. Realizzazione delle singole parti

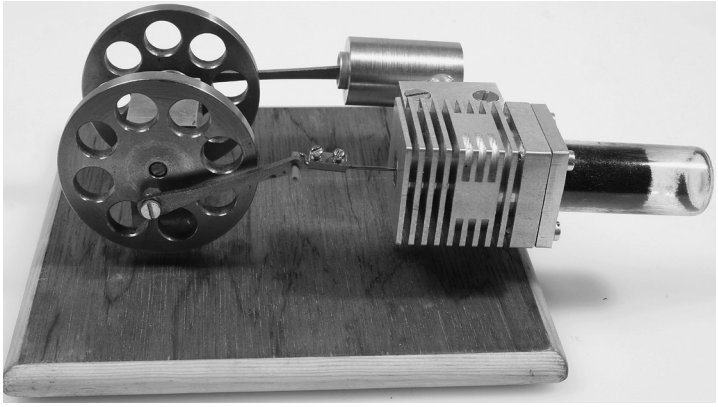
vista dall'alto



vista laterale

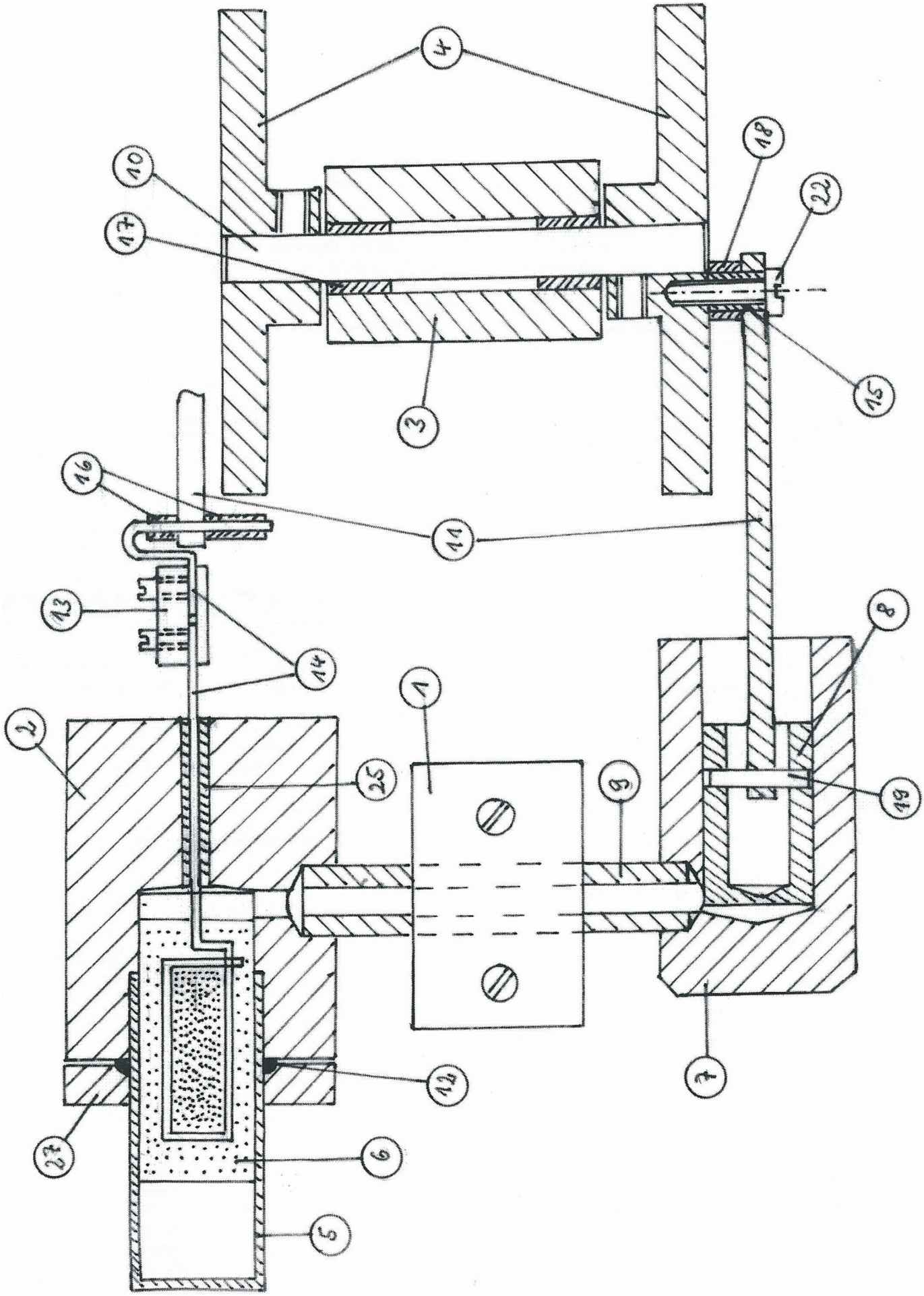






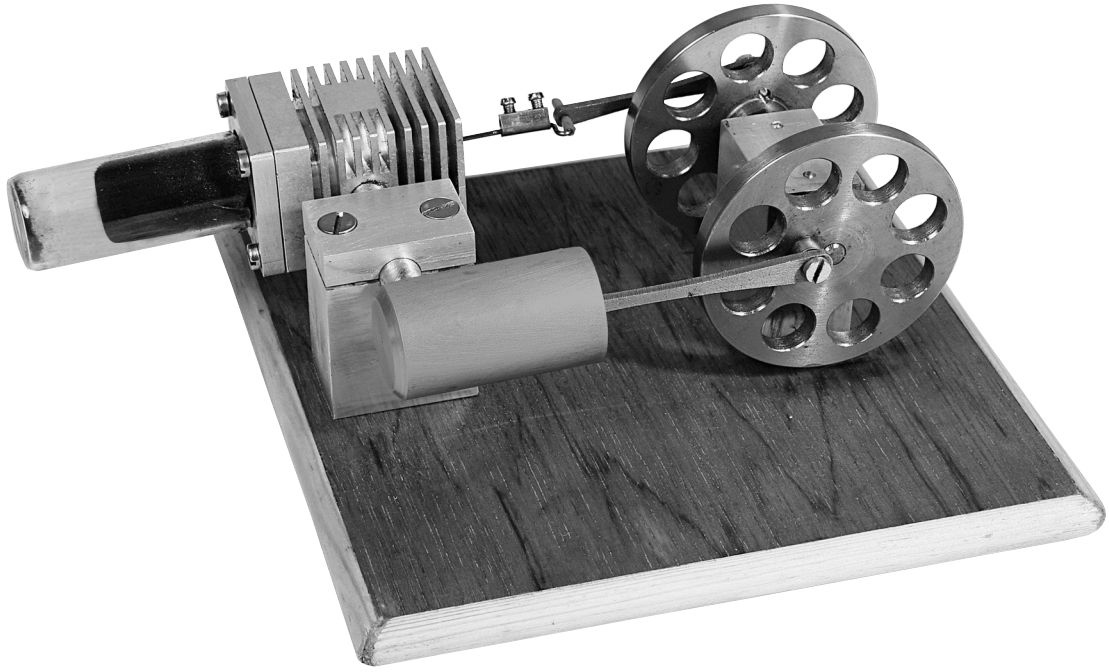
8. Realizzazione delle singole parti

Vista dall'alto – taglio sezionale



8. Realizzazione delle singole parti

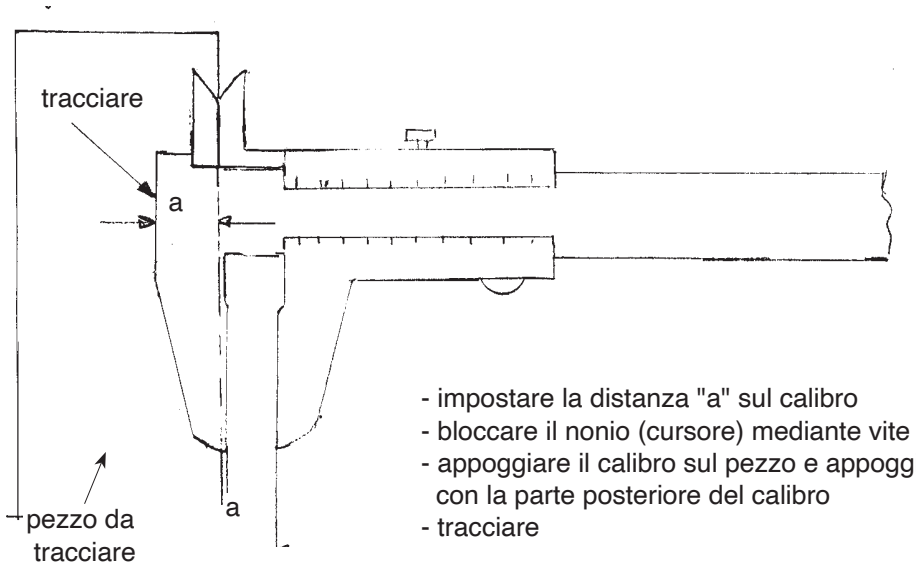
Illustrazione tridimesionale



Dati tecnici:

cilindro di lavoro ø 12 x 14 mm
spostamento pistone: ø 18 x 18 mm
giri a vuoto: ca. 1000 giri/min

Durante la realizzazione è particolarmente importante una esatta tracciatura. Mediante l'utilizzo del calibro secondo disegno sottostante questo può avvenire in modo esatto.

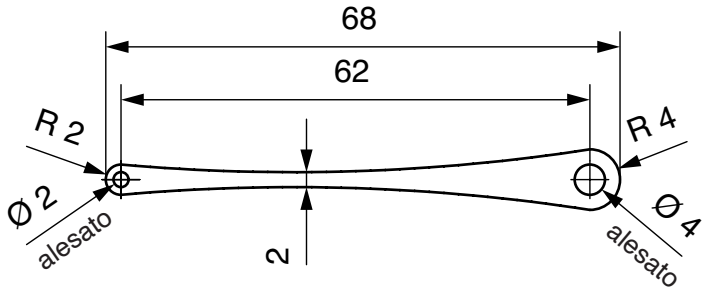


- impostare la distanza "a" sul calibro
- bloccare il nonio (cursore) mediante vite
- appoggiare il calibro sul pezzo e appoggiare contemporaneamente con la parte posteriore del calibro
- tracciare

8. Realizzazione delle singole parti

8.1. Realizzazione della biella 1 (pos. 11) del pistone di lavoro secondo sottostante disegno:

Pos. 11



- ritagliare la barretta d'acciaio (11) 10 x 2 x 120
- smussare tramite lima le estremità a 90°
- tracciare
- bulinare
- sbavare gli spigoli
- eseguire i fori (3,8 e Ø 1,8; alesare di seguito a Ø 4 e Ø 2,0)

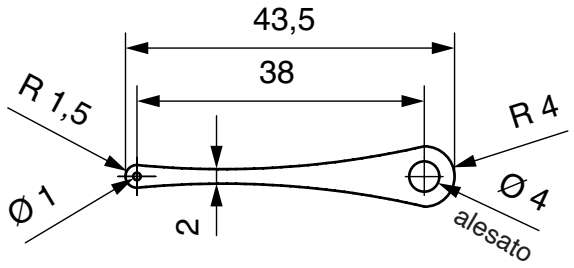
Cenno: Bloccare il pezzo ad angolo retto in una morsa fermapezzo!!

- limare le rotondità e levigare infine la biella

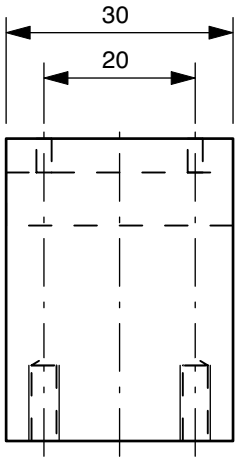
8.2. Realizzazione della biella 2 (pos. 11) per il pistone di spostamento secondo disegno sottostante:

fasi lavorativi vedi 8.1.

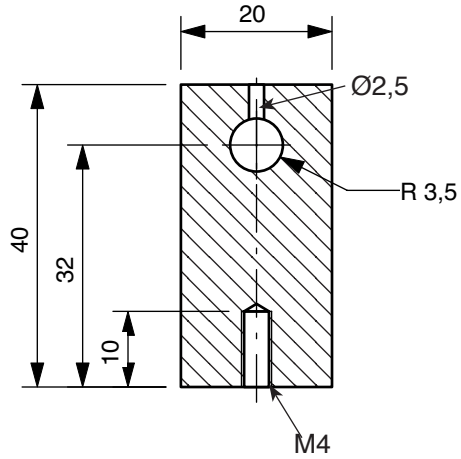
Pos. 11



8.3. Realizzazione del supporto cuscinetto secondo (Pos. 3):



Pos. 3



- sbavare gli spigoli
- tracciare
- praticare il foro da 7 mm (bisogna preforare mediante punta centrante da 1,6 mm))

CENNO: bloccare il pezzo in una morsa fermapezzo in posizione ad angolo retto! il filetto interno viene praticato con M4 e quindi il foro da fare sarà da 3,3 mm

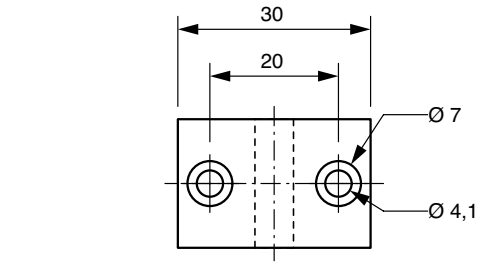
CENNO: il pezzo va bloccato in una morsa fermapezzo ed il filettatore viene girato a mano

- il foro per la lubrificazione viene praticato più tardi

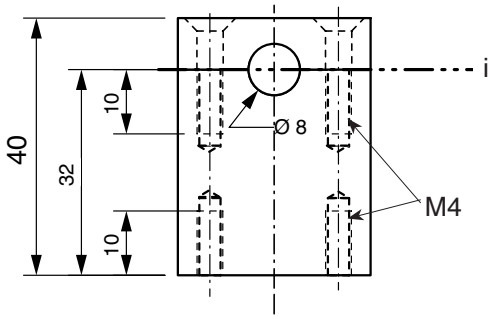
8. Realizzazione delle singole parti

8.4. Realizzazione del supporto del motore (pos. 1)

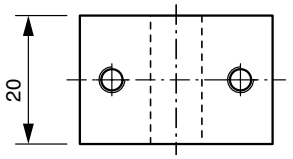
Pos. 1



vista dall'alto
(parte superiore)



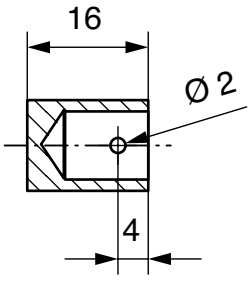
vista frontale
(ricavato da un pezzo unico)



Vista dal di sotto
(parte inferiore**)**

- sbavare gli spigoli
- tracciare
- bulinare i fori
- praticare i fori per i filetti interni M4, 4x ø 3,3 (superficie di copertura e base)
- praticare il foro da 8 mm per il canale di congiungimento, bisogna preforare con punta centrante da 1,6 mm
  CENNO: il pezzo va bloccato ad angolo retto!
- la parte di bloccaggio superiore viene intagliata e segata in modo uguale da tutti i 4 lati
- praticare i 4 filetti interni da M4
  CENNO: bloccare il pezzo e girare il filettatore a mano!
- praticare i due fori del componente di bloccaggio superiore con punta da 4,1 mm e poi accecare con quello da 15 mm (provare con la vite a testa svasata da M4)
- sbavare gli spigoli e levigare la superficie
- chi volesse potrebbe smussare gli spigoli

8.5. Pistone di lavoro (pos.8)



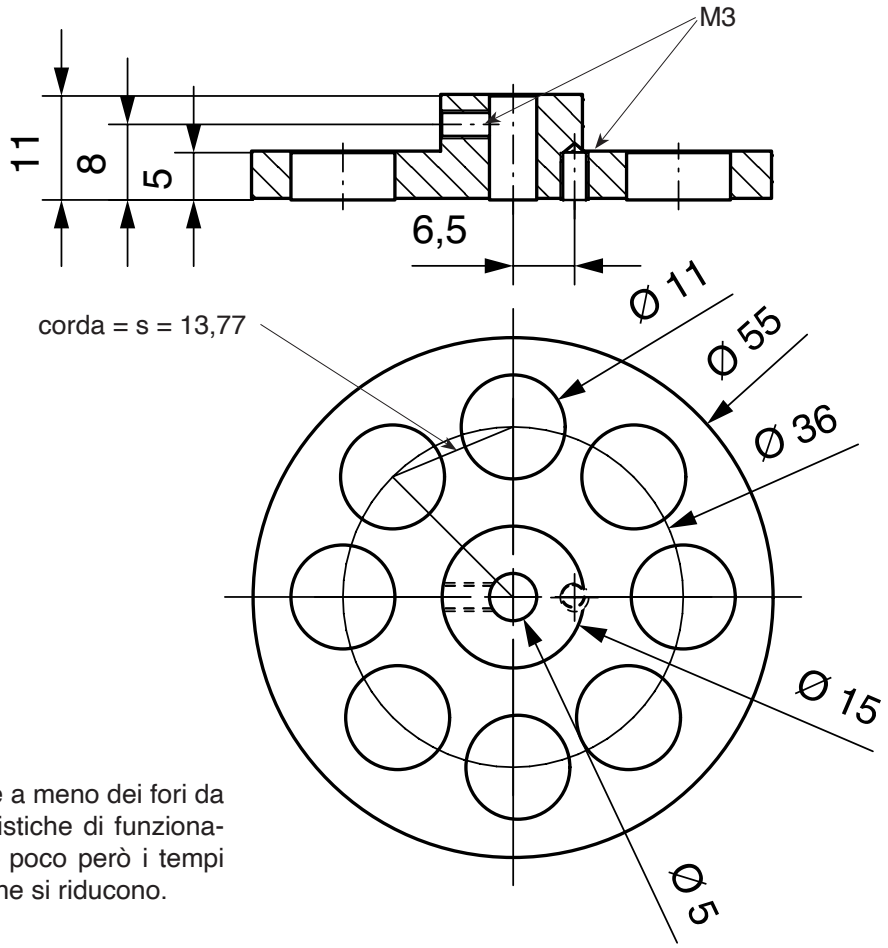
Pos. 8

- tracciare il foro ø 2
  CENNO: bloccare utilizzando delle ganasce di protezione, la superficie non deve venire rovinata!
- bulinare
- preforare con punta da 1,8 mm
  CENNO: badare all'esatta centratura, bloccare nella morsa fermapezzo con appoggio!
- alesare ø 2 mm
- sbavare con cautela

8. Realizzazione delle singole parti

8.9. Realizzazione del volano (pos.4) per il pistone di lavoro secondo sottostante disegno

Pos. 4

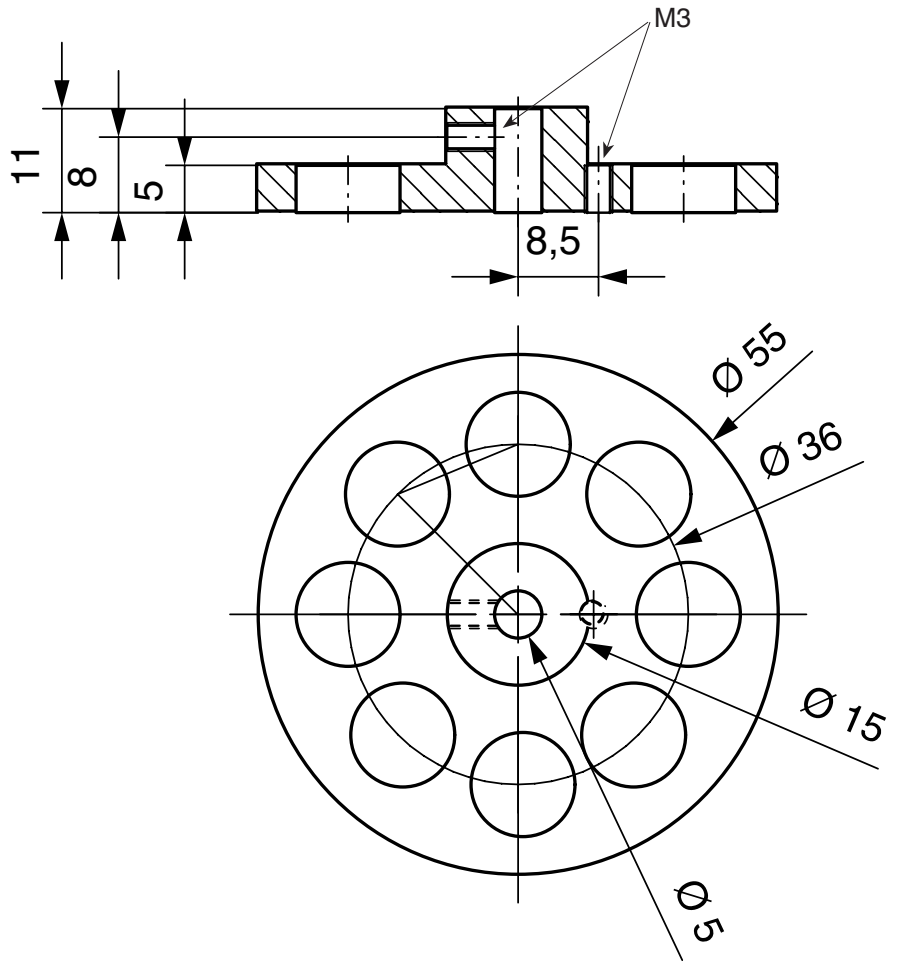


Cenno!
Si può anche fare a meno dei fori da ø 11. Le caratteristiche di funzionamento variano di poco però i tempi per la realizzazione si riducono.

- tracciare i due filetti da M3
- preforare con punta centrante da 1,6 mm
- forare con punta da 2,5 mm
- praticare filetto interno M3
- inserire l'asse 5 nel foro da 5 mm
- tracciare il centro dell'asse
- tracciare il cerchio R18
- tracciare i centri degli 8 fori (11) prendendo la lunghezza di corda s = 13,77 mm (eventualmente effettuare delle correzioni)
- bulinare i fori
- preforare con punta da 8 mm (il volano va bloccato con cautela perché la superficie non dovrà venire danneggiata)
- eseguire fori da 11 mm
- sbavare i fori con svasatore a forma di cono

8. Realizzazione delle singole parti

8.7 Realizzazione del volano (Pos.4)per il pistone secondo seguente disegno:

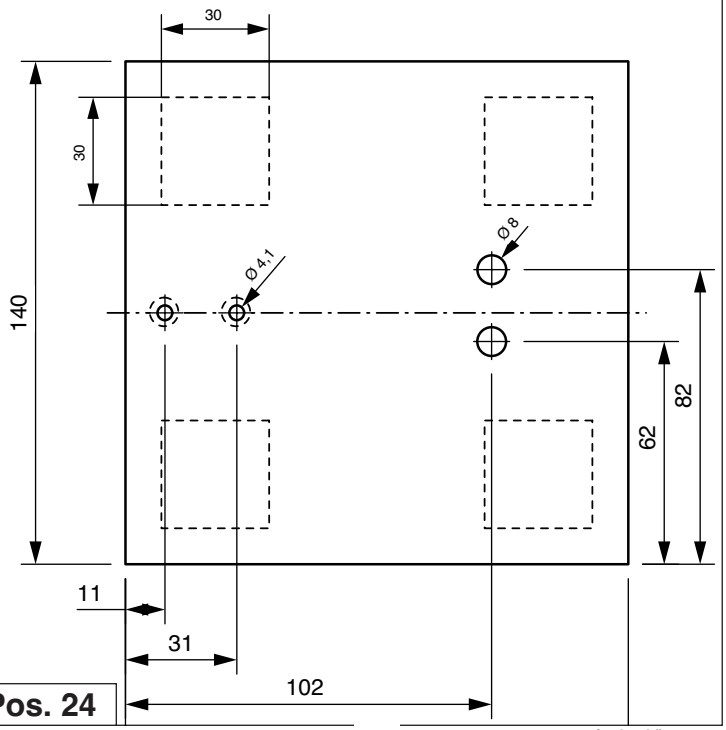


Pos. 4

Fasi lavorative secondo comma 8.9.

8.8 Realizzazione del piano base (Pos. 24) secondo disegno sottostante:

- tracciare
- eseguire 2 fori Ø 4,1
- eseguire 2 fori Ø 8
- svasare al lato posteriore i fori (Ø 4,1) (controllare con la vite M4)
- svasare la rondella Ø 18/6,4 (controllare con vite M4)

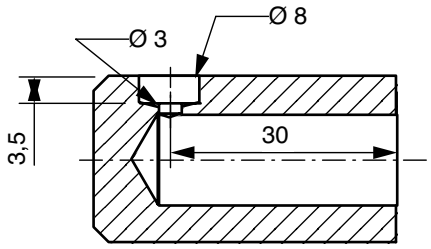


Pos. 24

I112778#1

8. Realizzazione delle singole parti

8.9. Cilindro di lavoro (pos. 7) foro de 3mm e 8mm



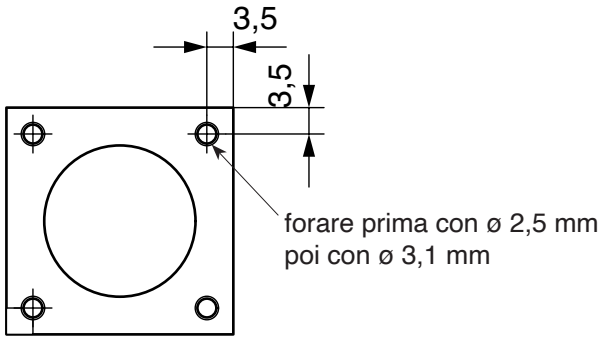
Pos. 7

- tracciare i fori da 3 e 8 mm
- bulinare
- eseguire due fori da 3 e 8 mm

CENNO: fare particolare attenzione all'esatta centratura, preforare con punta centrante da 1,6 mm e badare alla profondità prescritta!

- sbavare con cautela

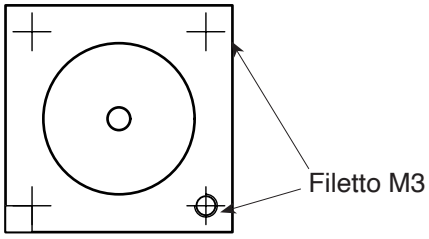
8.10 Realizzazione della flangia (pos.27) secondo sottostante disegno:



Pos. 27

- sbavare la flangia prelavorata
- tracciare i fori e bulinarli
- forare con ø 2,5 mm
  (non appena la flangia è adattata al radiatore i 4 fori vanno allargati con ø 3,1 mm)

8.11Realizzazione del radiatore (pos.2) secondo disegno:



Pos. 2

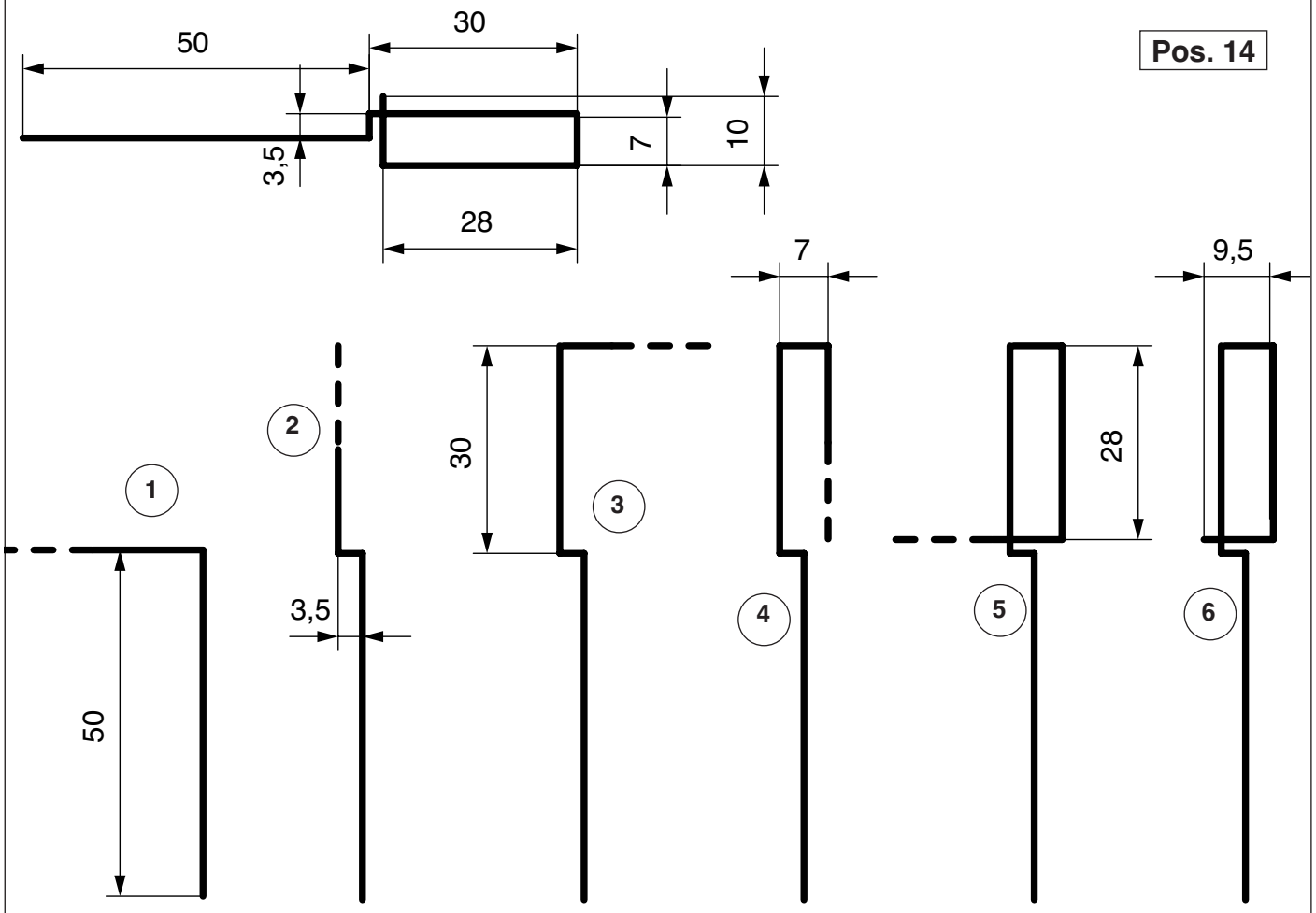
- inserire l'anello O (12) nella flangia ed inserire nella flangia la provetta (5)
- appoggiare la flangia (con provetta + anello O) sulla parte frontale del foro grande del radiatore ed inserire la provetta con cautela nel radiatore (fino in fondo)
- bloccare la flangia ed il radiatore in una morsa fermapezzo e badare che la provetta sia in posizione verticale rispetto al radiatore e il radiatore e flangia siano bloccati
- riportare i 4 fori da 2,5 della flangia sul radiatore (forare)
- tracciare (ago) da un lato la posizione della flangia e radiatore
- togliere la flangia e la provetta ed eseguire i fori da 2,5 mm fino alla prima scanalatura
- eseguire 4 filetti M3 nel radiatore
- togliere il radiatore dalla morsa e pressare la boccola di ottone (25) 3 x 1 x 18 mm nel foro da 3 mm (se la boccola dovesse avere gioco si consiglia di incollarla)
- quindi allargare i 4 fori nella flangia a ø 3,1 mm

8. Realizzazione delle singole parti

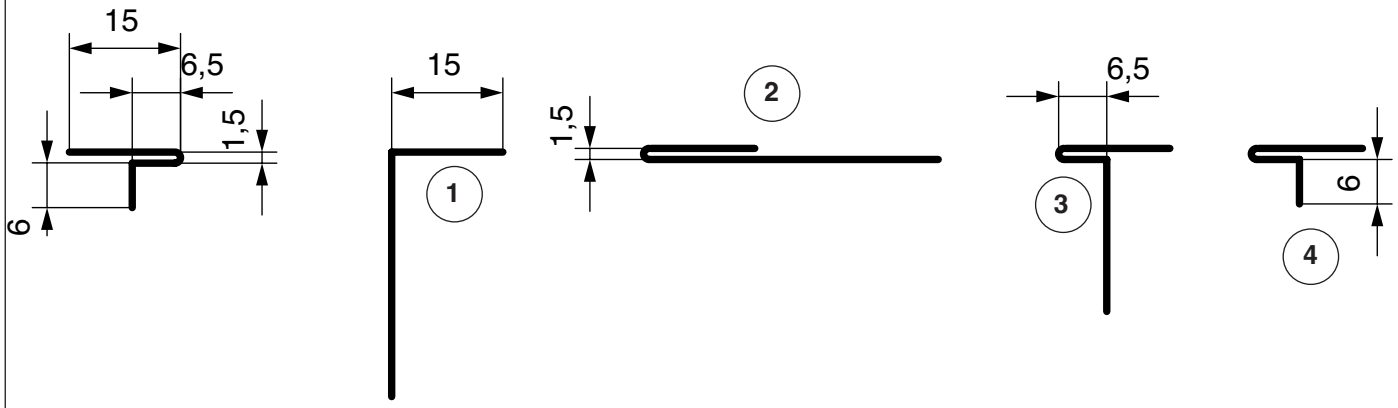
8.12 Realizzazione della biella dello spostamento e gancio di congiunzione (pos.14) secondo disegni sottostanti:

- mediante pinza a becchi piatti si piega il filo d'acciaio (14) secondo il seguente disegno ottenendo la biella di spostamento.

Cenno: l'intero pezzo deve essere assolutamente diritto.



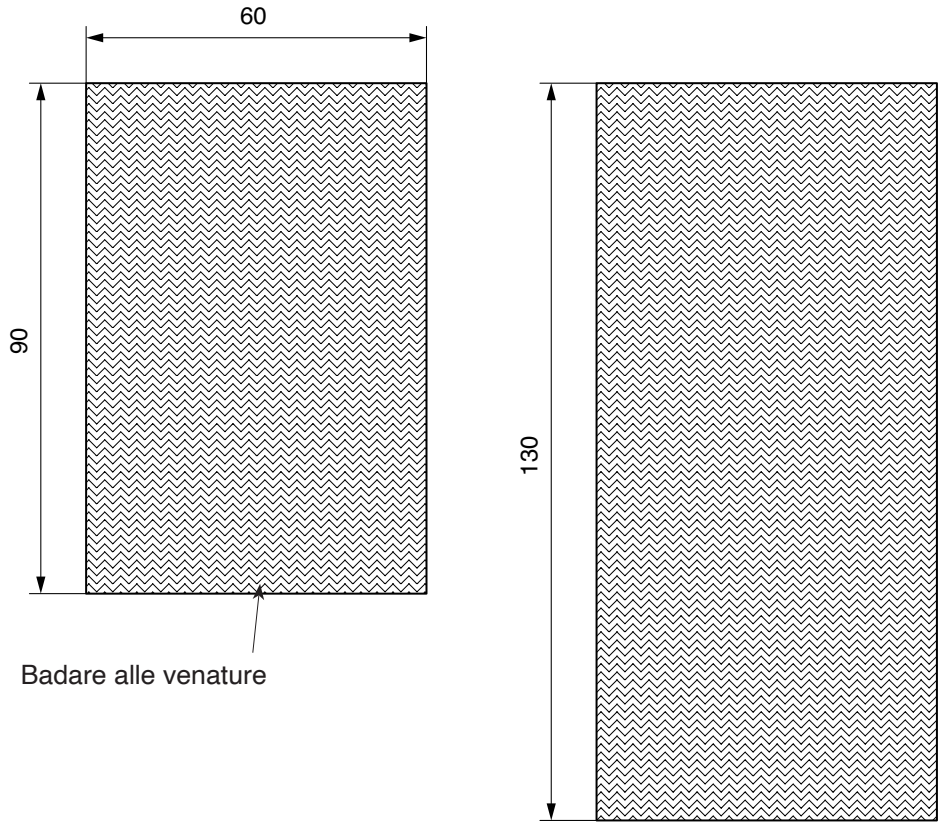
- dal resto (14) si ricava e si piega il gancio di congiunzione



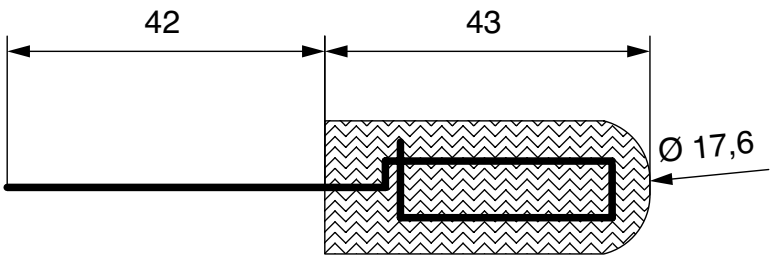
8. Realizzazione delle singole parti

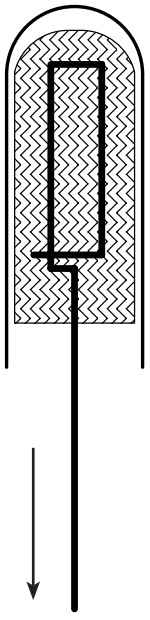
8.13 Realizzazione del dispositivo di spostamento (pos. 6) secondo i seguenti disegni:

- ritagliare dalla lana d'acciaio (6) un pezzo da 60 x 90 mm (fare attenzione alla direzione delle fibre)



- allungare il ritaglio a ca. 130 mm
- ca. 2/3 della striscia (non dividere) viene avvolto intorno al dispositivo di spostamento formando un nucleo consistente, dopodiché si inserisce il nucleo nello spazio intermedio (7x28 mm).
- Quindi si avvolge il rimanente materiale in modo sciolto intorno al nucleo. Infine si appoggia il cilindro ultimato sul tavolo e viene arrotolato mediante un assicella di legno avanti ed indietro fintanto si raggiunge la misura desiderata di ø 17,6 mm (eventualmente se fosse necessario basta togliere un po' di materiale).
- ritagliare alla misura indicata (43 mm) nel disegno





- controllare il dispositivo di spostamento:

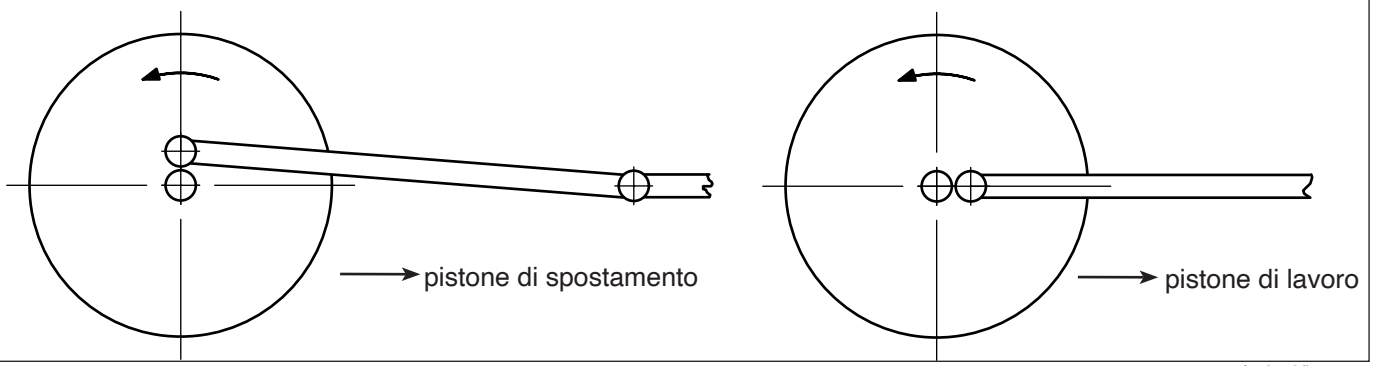
* se il nucleo esce a mal appena da solo dalla provetta l'attrito è sufficientemente piccolo
* se invece non esce bisogna togliere del materiale

9. Montaggio del modello

- Il cilindro di lavoro (7), il radiatore (2) ed il canale di collegamento (9) vengono incollati tra di loro (utilizzare collante a 2 componenti. I punti di incollaggio devono essere stagni però il canale di collegamento non deve essere otturato. La distanza tra radiatore e cilindro di lavoro deve essere di 36 mm. Prima del definitivo incollaggio bisogna controllare la distanza ed eventualmente effettuare delle correzioni. Gli assi del radiatore e il cilindro di lavoro devono trovarsi in linea parallela.
- Incollare le due boccole (17; ø7x1x7,5) nel supporto cuscinetto (3) dei due volani utilizzando collante a due componenti e quindi si praticano i 2 fori da 2,5 mm per la lubrificazione (vedi Nø3). Lo spigolo della boccola (17) viene tolto mediante alesatore (ø5).
- Accorciare l'asse a 52 mm, sbavare ed adattare al supporto del cuscinetto eventualmente levigarlo e lubrificarlo in modo che giri senza attriti.

- Una estremità dello spinotto (19) viene leggermente limata ad una lunghezza di 11,7 mm (ev. leggermente più corto) per evitare che dopo il montaggio esso sporga oltre il cilindro di lavoro (ø12) e crei delle scanalature nel cilindro di lavoro. Congiungere biella (11) e cilindro di lavoro (8) con il distanziale
- Ora si esegue il montaggio sul piano base (24). Svasare oppure forare le rondelle (26) oppure tramite punta da 8 mm in modo che le viti (21) non sporgano. Il supporto cuscinetto (3) con i volani (4) e supporto motore (1) vengono montati secondo disegno con rondelle (26) e le viti (21) sul piano base. Quindi si congiungono le due bielle (11) tramite viti (22) e boccole (15/18) con i volani.
- Dalla superficie di gomma crepla (20) di ritagliano 4 quadrettini da ca. 30 mm e li si incollano sotto gli angoli del piano base (24).
- Il pistone di spostamento (6) viene inserito nel radiatore (2) fino alla battuta eventualmente se fosse necessario bisogna allargare il foro nella boccola (25) alesando (ø1mm). Inserire l'anello O (12) nella flangia ed inserire la provetta (5) nella flangia. Infilare la provetta fino alla battuta nel cilindro dopodiché fissare la flangia tramite 4 viti (22) (la provetta e il radiatore devono trovarsi in posizione verticale tra loro). Lo spostamento del pistone deve avvenire senza attriti.
- La biella (11) viene congiunta al gancio (14) e poi si congiunge tramite morsettiera il tirante con la biella. Fissare i due pezzetti di tubetto (16/3+7mm) al gancio, essi servono per garantire il movimento della biella.
- Registrando la distanza sull'asse (10) tra i due volani (4) bisogna badare che il pistone di lavoro e quello di spostamento non trovino degli ostacoli nel loro movimento. Le due bielle dovranno essere in posizione parallela (eventuale correzione si esegue spostando il supporto cuscinetto).
  Il pistone di spostamento raggiunti i punti morti anteriore e posteriore non deve toccare il fondo dei cilindro.
- Infine si registra ai volani (4) l'angolo di 90° tra le due bielle (11) seguendo il sottostante schizzo.

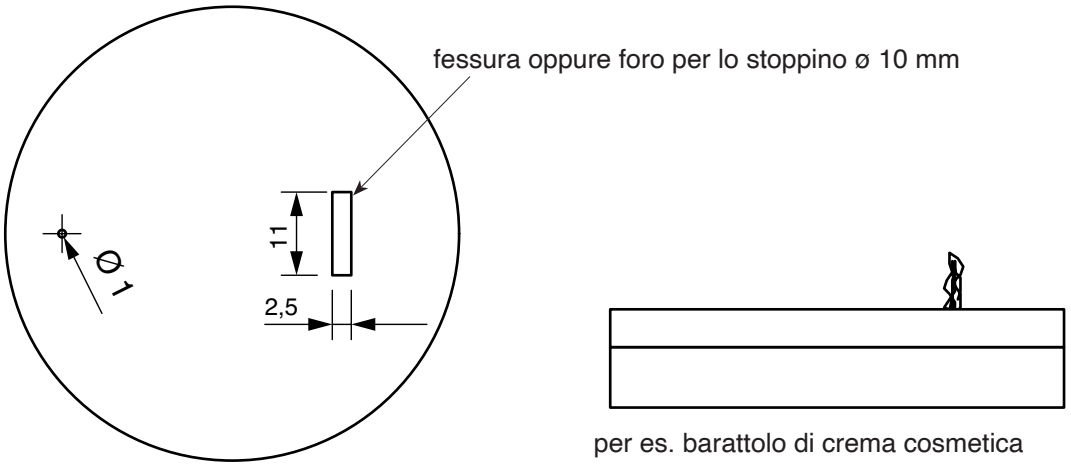
Allentare le viti a brugola sfissarle nuova mente dopo la registrazione.



10. Messa in funzione

- Le parti mobili vanno lubrificate con poche gocce di olio privo di resina e acidi e molto liquida. Il pistone di lavoro va lubrificato solamente con un olio assai liquido!

- Come fonte di calore viene utilizzato un piccolo bruciatore ad alcol (non è sufficiente un bruciatore a petrolio). Se non si ha a disposizione un bruciatore necessario si può costruirne uno secondo disegno sottostante.



per es. barattolo di crema cosmetica

Il barattolino va riempito solamente fino a metà con alcol!!
La fiamma va sistemata sotto la parte anteriore (10-15mm) sotto la provetta.

CENNO: la fonte di calore autocostruita non corrisponde alle norme di sicurezza vigenti. L'utilizzo ri mane a proprio rischio! Comunque ogni maneggio con qualsiasi prodotto combustibile va fatto con la dovuta cautela!

Alla prova di funzionamento potrebbe essere che il motore giri un po' duro per causa di attriti eccessivi ancora presenti tra pistoni, assi e cuscinetti. Diminuendo poi gli attriti il motore può raggiungere fino a 1000 giri/min.

Possibili difetti in caso di mancato funzionamento del motore:

- non regolato esattamente l'angolo da 90° tra le due bielle (11) e i volani (4), eventualmente si può ridurre l'angolo leggermente.

- controllare la tenuta stagna tra cilindro di combustione, radiatore e flangia

- utilizzato un olio di lubrificazione non adatto

- controllare la posizione parallela delle bielle

- troppo attrito delle parti mobili

- il pistone di spostamento tocca il punto morto anteriore del cilindro di combustione

- il pistone di spostamento tocca i punti morti nel radiatore

- il pistone di spostamento striscia troppo al cilindro di combustione

- fonte di calore troppo debole (solo alcol)

- Il pistone di spostamento non è avvolto bene con la lana di acciaio.

- il pistone di spostamento (lana di acciaio) non si muove – registrazione errata.

Listino prezzi dei singoli componenti (Motore ad aria calda - Stirling N° 112.778)

Pos.	quantità	descrizione	dimensioni mm	N°	€/ pezzo	N°	€/ 100 p.	utilizzo
1	1	blocchetto alluminio	30x20x40	809.419	1,50			supporto motore
2	1	blocchetto alluminio	30x30x38	802.004	13,95			radiatore forato
3	1	blocchetto alluminio	30x20x40	809.419	1,50			supporto cuscinetto
4	2	volani in acciaio	Ø55x5	819.243	3,60			volano
5	1	provetta	(15x1)x36	425.491	2,95			cilindro da riscaldare (cilindro di spostamento)
6	1	lana di acciaio		509.136	4,65			pistone di spostamento
7	1	cilindro con foro	(22x5)x40	802.510	5,95			cilindro di lavoro
8	1	cilindro d'alluminio con foro	(12x1,5)x26	802.521	2,60			pistone di lavoro
9	1	tubo in ottone	(8x2,5)x43,5	814.520	2,00			tubo di collegamento
10	1	tondello acciaio	Ø5x100	833.023	0,40			asse e biella
11	1	barretta acciaio	(10x2)x120	823.716	0,55			biella 1/2
12	1	anello O	Ø 20x2	544.111	0,35			per tappare il pistone di spostamento
13	1	morsettiera con 2 viti	5x4x10	203.855	0,50			tappo per il pistone di sposta mento
14	2	filo di acciaio	Ø 1x200	802.532	0,35			tappo per il pistone di spostamento
15	2	boccole in ottone	(4x0,5)x6	818.269	0,10			boccola del volano
16	2	tubo di silicone	Ø 3x1x20	842.310	0,15			distanziale del pistone di lavoro
17	2	boccole in ottone	(7x1)x7,5	818.236	0,15			cuscinetto nel supporto
18	2	boccole in ottone	(6x1)x3,5	818.247	0,15			boccole dei volani
19	1	spinotto in acciaio	2x12	269.266	0,15			fissaggio bielle nel pistone di lavoro
20	1	gomma crepla		425.566	0,15			congiunge biella e pistone di spostamento
21	6	viti a testa svasata	M4x16	266.181	0,10			fissaggio del supporto, motore e supporto cuscinetto
22	6	viti a testa cilindrica	M3x10	265.050	1,15			fissaggio delle boccole ai volani
23	2	viti a brugola	M3x6	269.277	0,10			congiunzione tra volani e assi
24	1	piano base in legno	140x140x10	715.186	0,80			piastra sulla quale viene montato il modello
25	1	boccola di ottone	Ø 3x1x18	801972	1,00			cuscinetto per la biella
26	2	rondelle	ø18/6,4	268.170	0,10			supporto per supporto cuscinetto
27	1	flangia , alluminio	30x30 con foro da ø20	802.462	4,95			guarnizione tra radiatore e cilindro di combustione