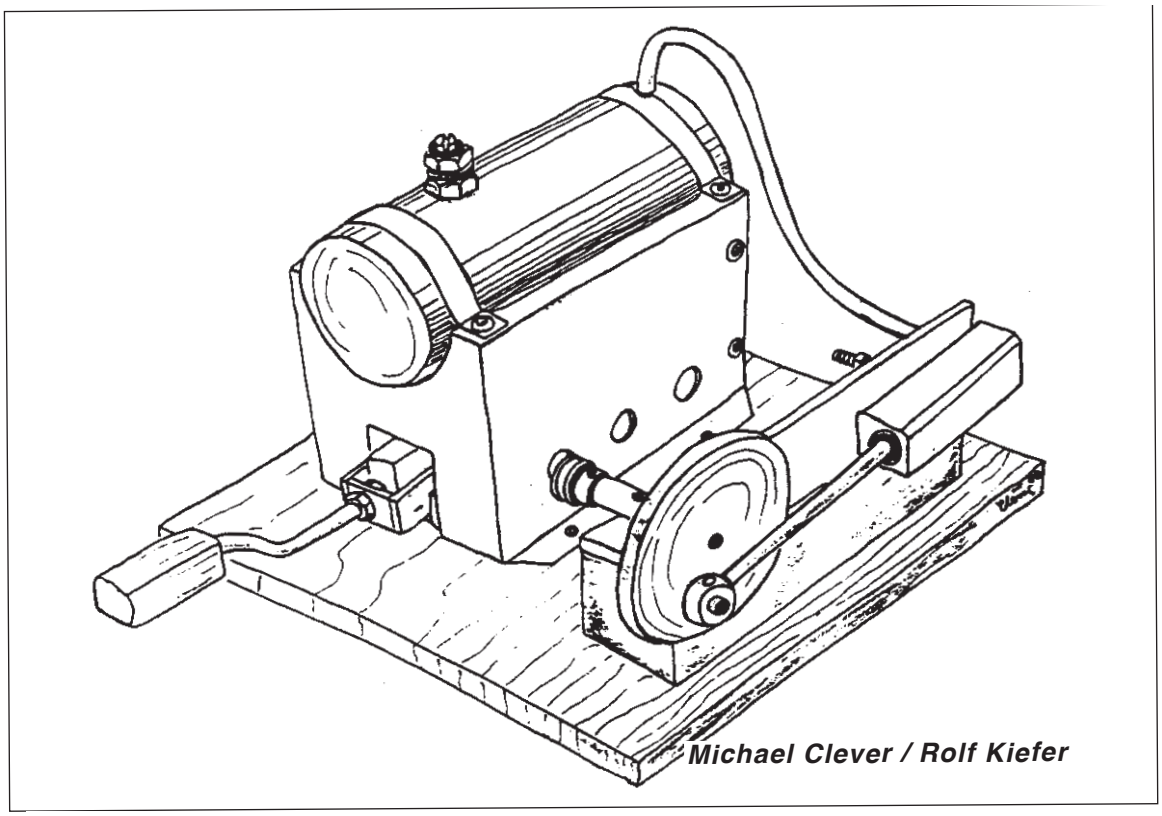
OPITEC

1 1 2 . 4 2 0

“MACCHINA A VAPORE”

Piano Costruttivo



Dati tecnici:

Caldaia:		**Macchina:**	
Vol. de lla caldaia:	**110 cm^3**	**Cilindro:**	**8 mm**
Press. di esercizio:	**1,5 bar**	**Corsa:**	**24 mm**
Press. di prova:	**4,5 bar**	**Giri a vuoto.:**	**ca. 800 U/min**
Cap. serbatoio acqua:	**50 - 60 ml**	**Anno di costruzione:**	**.....**

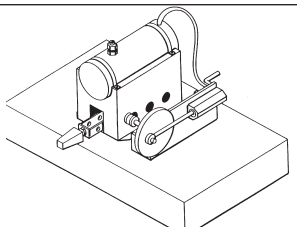
Avvertenza:
I kit della OPITEC non sono generalmente oggetti a carattere ludico che normalmente si trovano in commercio, ma sono sussidi didattici per sostenere l’insegnamento e l’apprendimento.Questi kit possono essere costruiti e utilizzati solo da bambini e ragazzi sotto la guida e la supervisione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

Contenuto	Pag.

Principi fisici basilari di una macchina a vapore	1
Il principio di funzionamento di una macchina a vapore ad oscillazione	2
Attrezzi necessari alla realizzazione	5
Disposizioni di sicurezza per la realizzazione e l´uso di una macchina a vapore	6
Costruzione e montaggio della locomotiva a vapore in versione modellino	7
Consigli per la costruzione del generatore di vapore:	8
Il forno o crogiolo	9
La caldaia e il suo alloggiamento	10
La valvola di sicurezza	12
Consigli per la costruzione del dispositivo di trasformazione da vapore in forza motrice	13
Disegni costruttivi	14
Lista dei componenti e fasi di lavoro	15
Distributore	16
Cilindro	17
Calcolo dei fori di carico e scarico vapore	18
Collaudo e manutenzione della macchina	19
Consigli pratici per la realizzazione	21

I112420#1

MACCHINA a VAPORE - Elenco del materiale fornito dalla OPITEC
==========

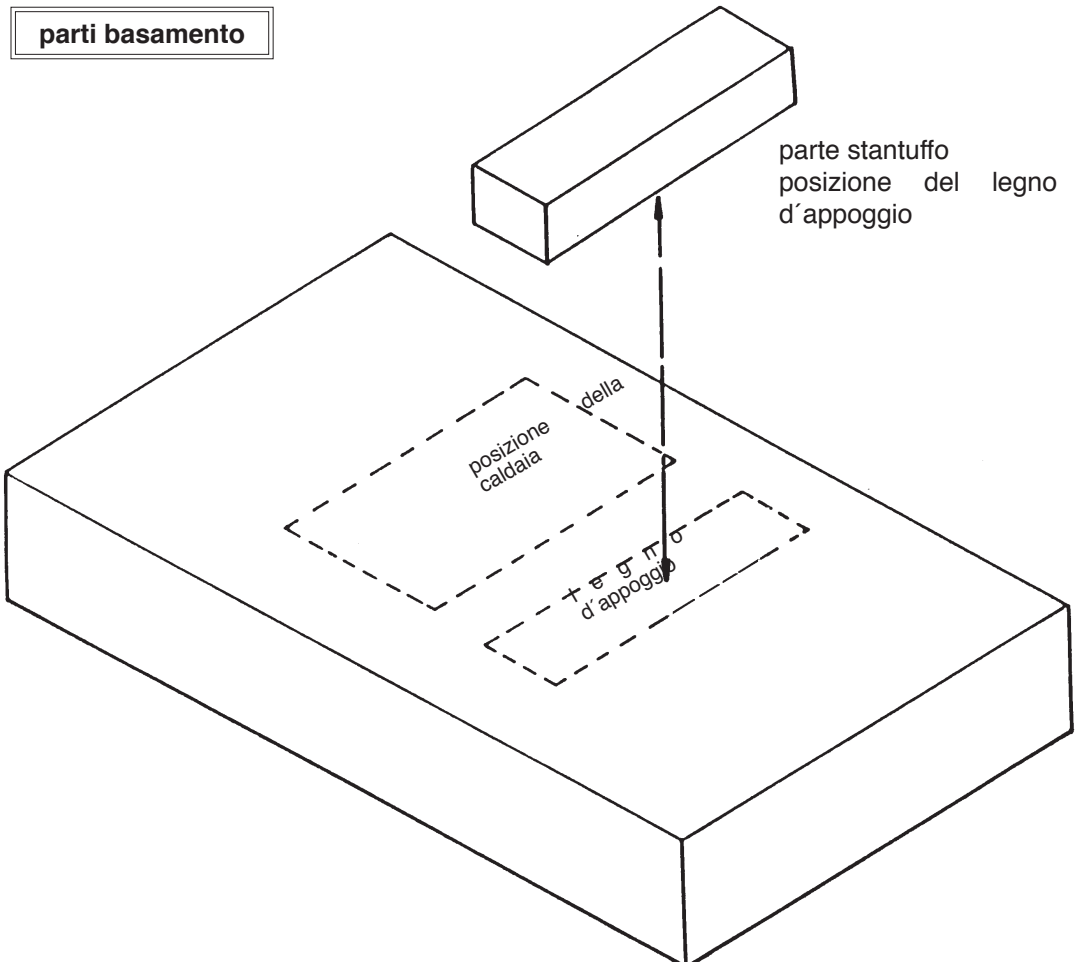


L´elenco del materiale comprende i componenti per la realizzazione di un modellino di una macchina a vapore

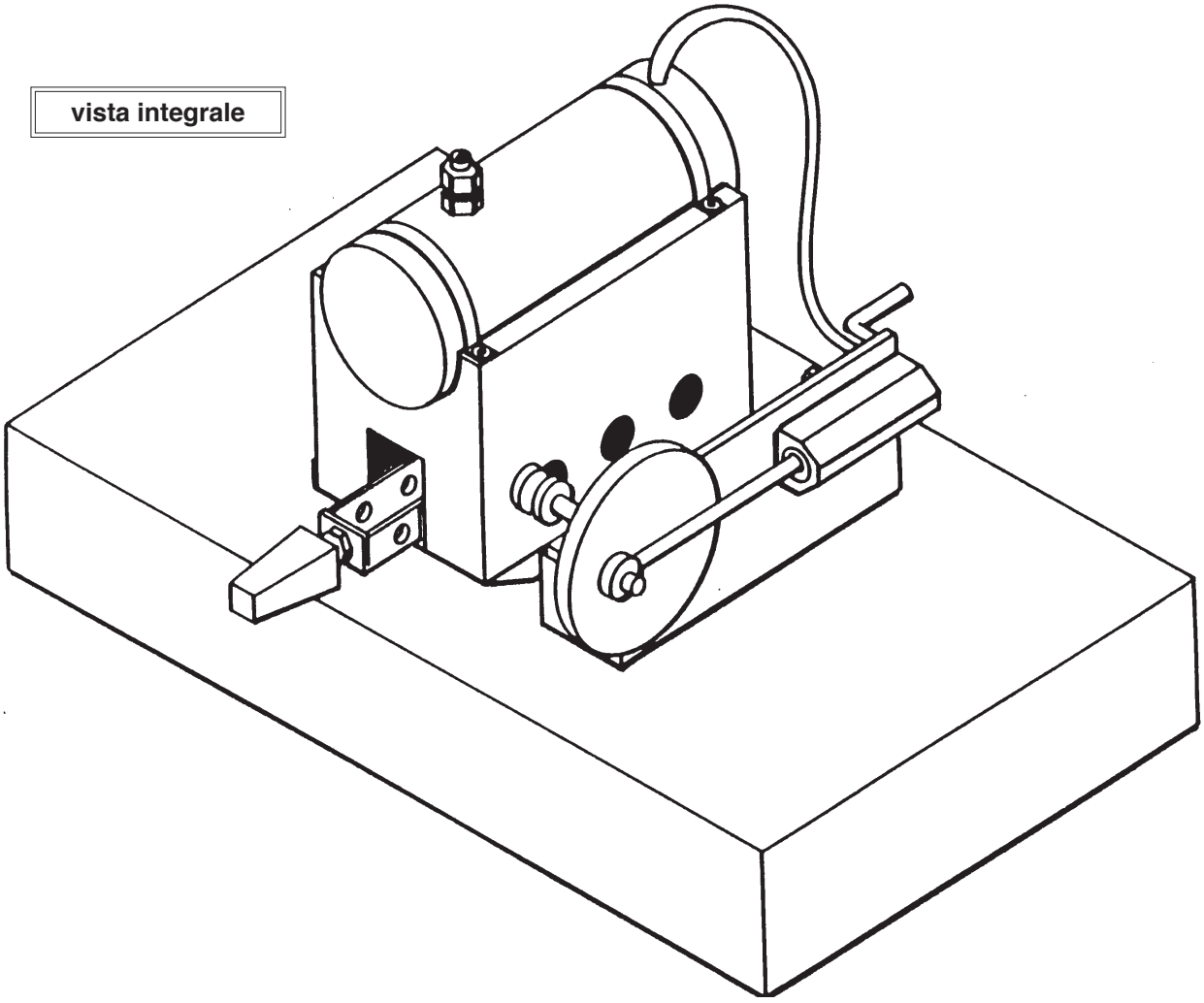
Il combustibile e l´occorente per la saldatura vanno ordinati a parte.

N.	Pezzi	Denominazione	Dimensioni	uso	
1	1	profilo ad U in alluminio	16,5 x 100	sostegno forno	I
2	1	profilo ad U in alluminio	19,5 x 100	guida	
3	2	viti da carrozziere	2,9 x 13	fissaggio guida	
4	4	rondelle zincate	3,2	fissaggio guida	
5	1	bullone esagonale	M4	fissaggio sostegni	
6	1	vite	M4 x 25	fissaggio sostegni	
7	2	superficie lamiera MS 63	0,4 x 165 x 75	Rivestimento e collari	II
8	8	rivattini rame	3 x 4	fisaggio delle linguette	
9	5	viti carrozzeria	2,2 x 6,5	fissaggio rivestimento	
10	1	tubo MS 63	40 x 1 x 100	caldaia	
11	2	coperchi chiusura MS 58	40 x 3	caldaia	
12	1	bulloncino esagonale Ms 63	M6	Apertura caldaia	
13	1	vite esagonale MS	M6 x 10	valvolina	III
14	1	vite a testa cilindrica Ms	M3 x 30	valvolina	
15	1	bulloncino	M3	valvolina	
16	1	molla a pressione NIROSTA	0,4 x 4 x 17,5 x 8,5	valvolina	
17	1	anello di guarnizione	3 x 1	valvolina	
18	1	guarnizione carta pressata	10 x 5,8 x 1	valvolina	
19	1	metallo angolare MS	100 x 20 x 20 x 2	cuscinetto	IV
20	4	viti a testa svasata Ms	3 x 20	fissaggio cuscinetto	
21	1	cilindretto MS	40 x 15 x 15	scatola commutazione	V
22	1	pistone MS	8 x 12	scatola commutazione	
23	1	molla a pressione Nirosta	0,4 x 4x 17,5x 8,5	cuscinetto cilindro	
24	1	bulloncino MS	M3	cuscinetto cilindro	
25	1	puntina filettata St	M3 x 20	cuscinetto cilindro	
26	1	rondella MS	3,2	cuscinetto cilindro	
27	1	asta rotonda MS	4 x 68	asta stantuffo	
28	1	disco MS	50 x 4	VOLANO	VI
29	1	segmento cilindrico St	4 x 10	asse eccentrico	
30	1	anello mobile MS		cuscinetto biella	
31	1	pezzo di tubo MS	6 x 1 x 20	cuscinetto	
32	1	puntina cilindrica St	4 x 36	asse della ruota volano	
33	2	rondella MS	4 x 3	ruota del volano (cuscinetto)	
34	1	rotolo di spago MS		ruota motrice	
35	1	tubo in rame Cu	4 x 1 x 160	tubazioni	VII
36	1	assicella di legno	140 x 140 x 10	assicella base	VIII
37	1	blocchetto di legno duro	100 x 20 x 25	sostegno inferiore	
38	1	tondino in legno	8 x 50	presa	

parti basamento

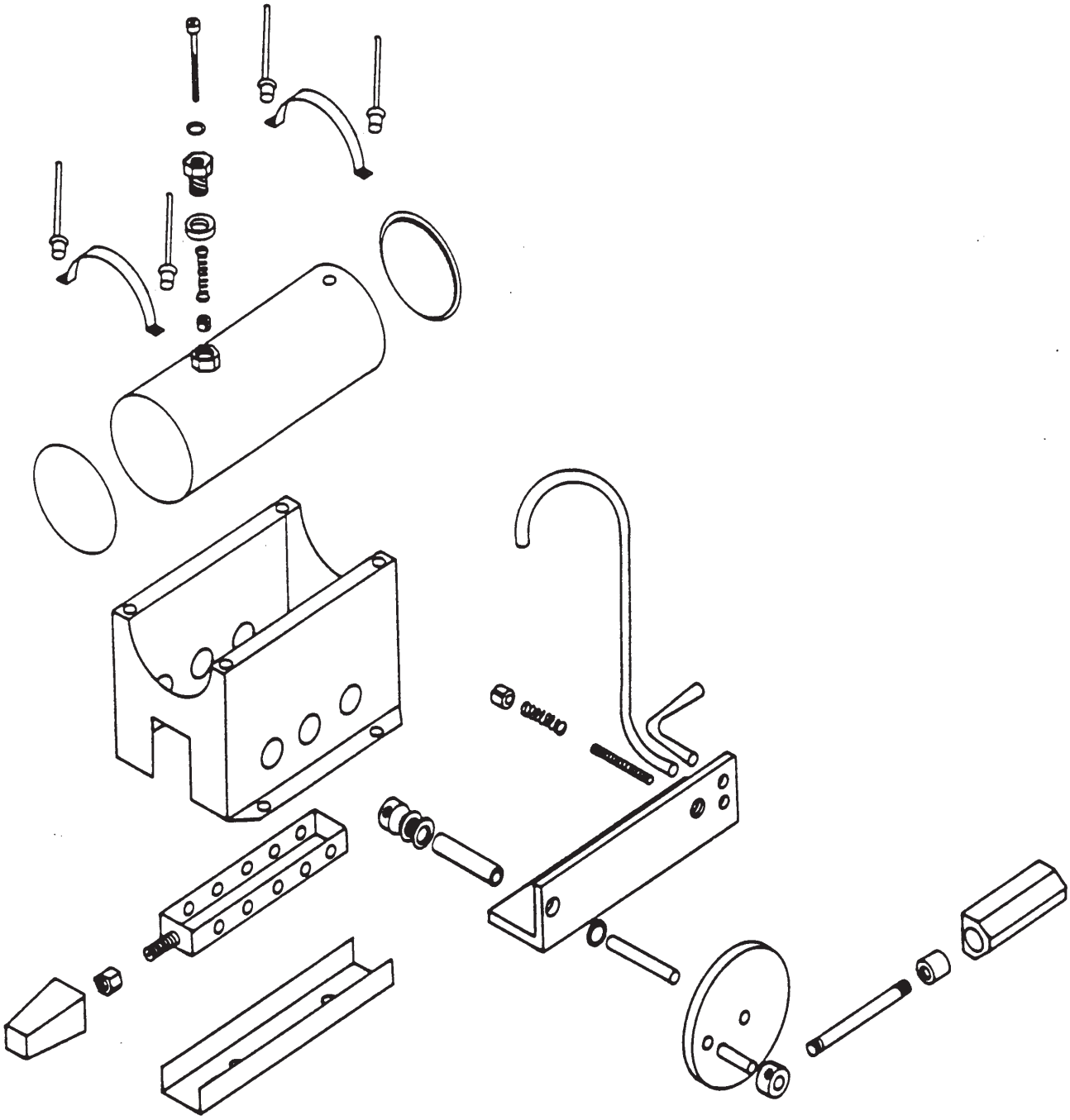


vista integrale



I112420#1

singoli componenti



Principi fisici sui quali si basa la macchina a vapore

Principi generali:

Le macchine a vapore appartengono alla categoria dei trasformatori di energia; esse trasformano l´energia chimica in calore e questa a sua vota in energia meccanica.
La produzione di energia calorifica avviene quasi sempre mediante combustione, principalmente carbone fossile.
Le macchine a vapore le classifichiamo quali macchine termiche a combustione esterna poiché la sostanza combustibile fa la sua funzione esternamente alla macchina stessa (a differenza dei motori a scoppio ove la combustione avviene all´ interno dei cilindri).
Caratteristica delle macchine termiche a combustione esterna è l´impiego di un intermedario di lavoro (vapore acqueo) il quale ha il compito di fare da traslatore dell´engergia termica prodotta.
La produzione di energia meccanica avviene in due fasi:

1. Nella caldaia, il calore utilizzato si trasforma in pressione di vapore.
2. Nella parte meccanica la pressione del vapore si trasforma in lavoro meccanico.

L´evaporazione e la condensazione:

Il passaggio di un liquido allo stato aeriforme o vapore in conseguenza di una determinata temperatura di ebollizione si suole definire EVAPORAZIONE.
Peró il processo stesso per avvenire richiede una certa quantitá di energia, detta calore di evaporazione. Mentre per riscaldare 1 grammo d´acqua di 1 grado ci vogliono soltanto 4,2 Joule, l´evaporazione di un grammo d´acqua richiede 2257 (a 100 gradi C. e 1013 hPa).
Questa ulteriore richiesta di energia si spiega dal fatto che c´é una enorme quantitá di volume rispetto al volume di acqua. (L´aumento di volume riferito alla normale pressione aumenta di 1673 volte.)
Ma se al vapore prodotto non c´é tale spazio a disposizione, il vapore é costretto ad addensarsi e si trasforma in PRESSIONE, e questa a sua volta é in grado di muovere un pistone e si trasforma in lavoro meccanico.
Il concetto di pressione si esprime solitamente in una forza F che agisce su una superficie A.

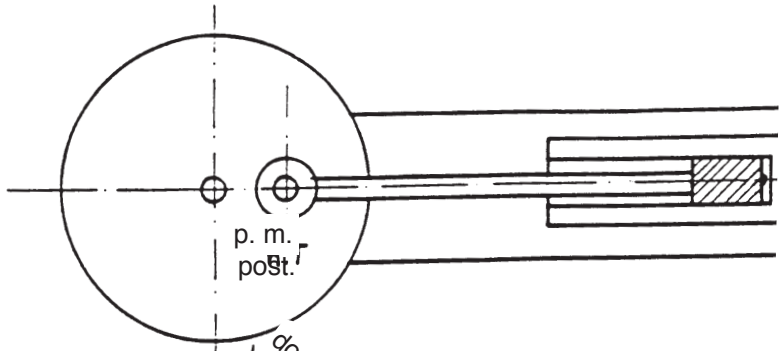
Ma aumentando la pressione la temperatura di ebollizione di un liquido varia. A 2 bar per es. la temperatura di ebollizione dell´acqua é di circa 120 gradi centigradi.
Nella pentola a pressione per es. si utilizza tale fenomeno per ottenere temperature superiori alla cottura di alimenti.
Il processo inverso dell´evaporazione si chiama CONDENSAZIONE. In tale processo si libera la stessa quantitá di energia detta Calore di Condensazione che era stata necessaria per portare ad evaporazione il liquido. Il vapore acqueo condensa per es. nell´atmosfera a temperatura inferiore oppure a contatto di oggetti piú freddi e si trasforma in goccioline d´acqua mentre il vapore allo stato gassoso ci risulta pressoché invisibile.

Il principio di funzionamento della macchina a vapore ad oscillazione

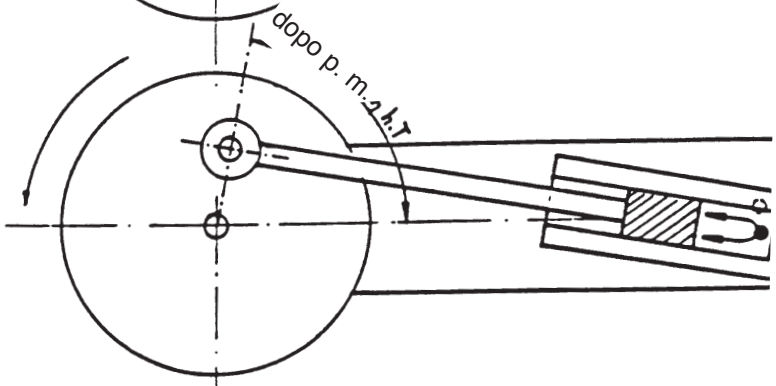
Il lavoro richiesto alla realizzazione di un modellino di una macchina funzionante sul principio dell´energia prodotta mediante azionamento di pistoni, é pressoché irrealizzabile a livello scolastico e naturalmente anche per quanto concerne il tempo previsto nei programmi non sarebbe alla portata. Pertanto si ripiega su una costruzione detta ad oscillazione poiché, in tal modo si evita la complictata costruzione dello stantuffo e della complicata distribuzione.
Il vantaggio che ne deriva consiste specialmente dal fatto che si puó fare a meno del complicato sistema di distribuzione abbinato a ulteriori trasmissioni con eccentrici difficilmente realizzabili.
Tuttavia quanto ci proponiamo é una realizzazione pienamente efficiente e che viene utilizzata al tempo della navigazione con macchine a vapore. Naturalmente ci si accorse ben presto dei limiti nella costruzione di macchine piú potenti poiché era assai difficile costruire e controllare macchine sempre piú potenti e funzionanti con componenti assai pesanti e voluminosi. Oltre a ció vi era sempre il pericolo che cilindri ed i loro cuscinetti si riscaldassero oltre misura, il che significava la fine per questi componenti.
La macchina a vapore ad oscillazione é una di quelle macchine funzionanti a pressione ove l´entrata e l´uscita del vapore avviene mediante spostamento della posizione del cilindro. La necessaria mobilitá del cilindro si ottiene rendenolo girevole nella sua parte mediana.
Il cilindro viene sospinto da una molla verso una parete simmetrica di un sostegno. Allo scopo entrambe le superfici di scorrimento devono risultare perfettamente piane. Nella parte posteriore del cilindro vi é un foro attraverso il quale é permesso l´accesso del vapore. Le superfici laterali sopradette posseggono un foro che permette l´entrata del vapore ed uno che ne permette l´uscita.

Se quindi il foro che permette l´entrata di vapore si trova sopra il foro della parete che immette vapore, questo entra nella parte posteriore del cilindro e questo si sposta in avanti sospinto dallo stantuffo. Lo stantuffo muovendosi produce un movimento che riportato su una biella e manovella collegate ad un eccentrico, trasformano il movimento lineare in uno rotativo. La massa del volano riporta indietro lo stantuffo e nel fare questo movimento il cilindro si gira nel senso di presentare il suo foro del vapore a quello di scarico e cosi facendo fuoriesce il vapore sospinto all´aperto dallo stantuffo che é in movimento di ritorno. Non appena lo stantuffo ha superato il punto morto posteriore, il foro nel cilindro si trova nuovamente dirimpetto a quello che immette e cosi il fenomeno si ripete.

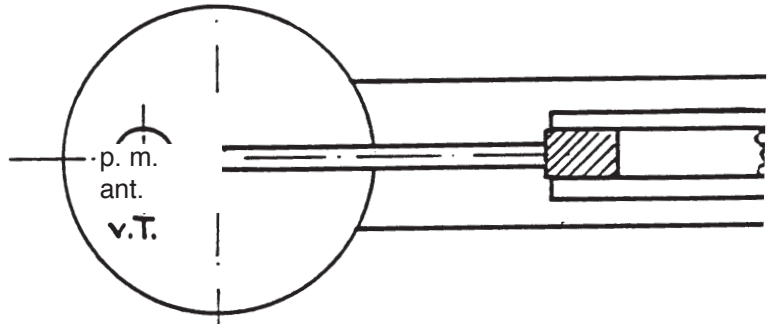
Principio di funzionamento della macchina a vapore a stantuffo



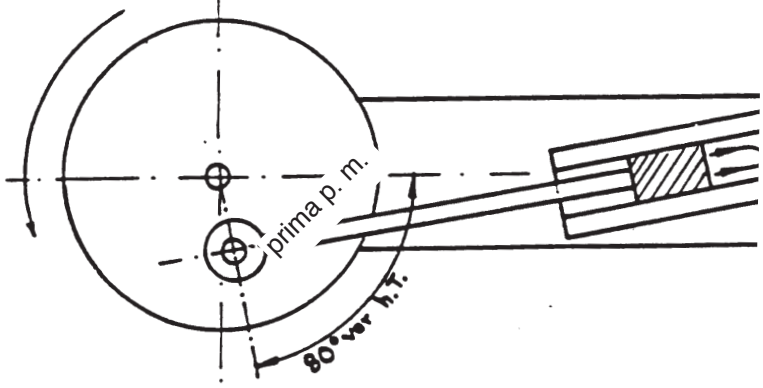
Posizione I
Lo stantuffo si trova a circa 1 mm dalla fine del cilindro ed entrambi i fori del vapore sono chiusi e la biella si trova nel punto morto posteriore.



Posizione II
La biella si trova a circa 80 gradi dopo il punto morto posteriore; il foro nel cilindro si trova ora sopra il foro di immissione di vapore e il vapore puo entrare nel cilindro (indicato dalla doppia freccia) e lo stantuffo si sposta ulteriormente in avanti.

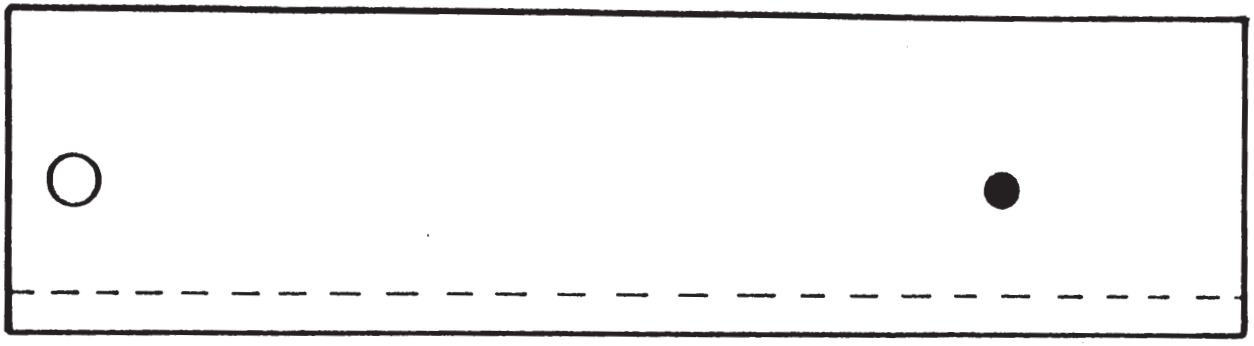


Posizione III
La biella viene a trovarsi nel punto morto anteriore e il foro per il vapore nel cilindro si trova fra i due fori presenti nelle pareti di sostegno; l´effetto volano fa vincere il punto morto anteriore.

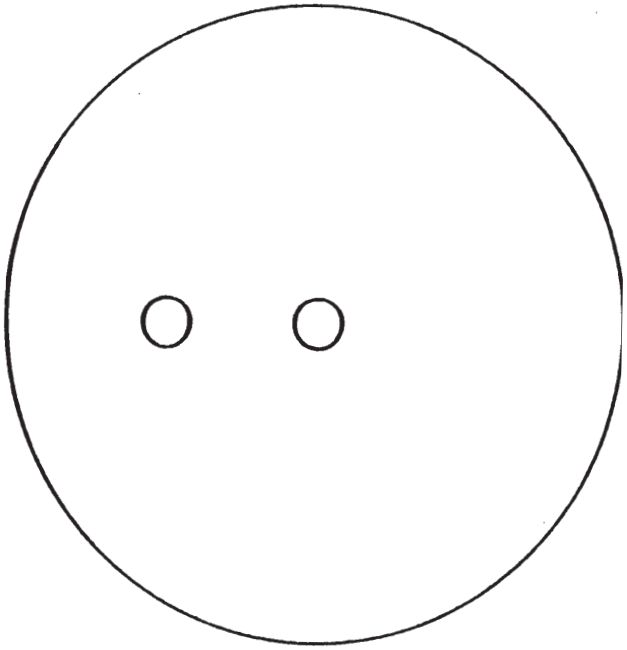


Posizione IV
La biella si trova ora a circa 80 gradi prima del punto morto posteriore e il foro del vapore nel cilindro si trova dirimpetto al foro di scarico della parete di sostegno e il vapore che ha giá lavorato viene espulso all´esterno (doppia freccia)

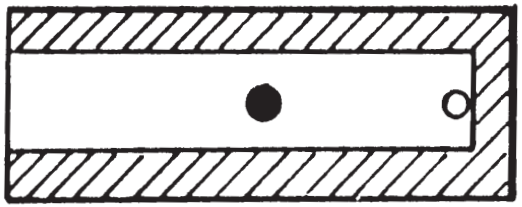
sostegno angolare



volano con cuscinetto eccentrico



Cilindro



Cenno:

Ritagliare le sagome dei singoli componenti e congiungerle tramite graffette

Suggerimento:

Realizzare un modellino con vetro acrilico

biella e stantuffo

sagoma riproducibile su un foglio overhead del trasformatore del vapore
Scala 1,5 : 1

Squardo sugli attrezzi e sulle macchine necessari alla realizzazione:

- Seghetto ad arco per metallo
- sega da banco con lama per metalli
- lime da officina (finezza 1, 2, 3, 4)
- morsa con ganasce
- morsetto per fissaggio pezzo
- martello da meccanico del peso di 200 grammi
- cacciavite
- tronchesino
- squadra (corta)
- righello in acciaio
- calibro
- punta per tracciare
- bulino
- punte da trapano da 2-2, 5-3, 1-3, 5-3, 9-4 e 6 mm
- filettatore maschio M3, M6
- filettatore femmina M3, M4
- svasatore
- alesatore 4 e 8 mm
- allargatore di fori (3-14mm)
- punzonatrice per lamiera diametro 40 mm oppure seghetto traforo
- cesoia diritta e ricurva
- rivettatrice
- trapano da banco
- saldatrice al propano
  bruciatore: medio e piccolo
- superificie di lavoro non infiammabile (per es. piastra di refrattario)
- compressore
- pistola ad aria compressa
- bilancino

Materiali

- ritagli di legno e metallo
- filo argentato al 40 % diametro 1,5 mm
- pasta salda per lega d´argento
- stagno con pasta salda
- collante per filetti (resistente alle temperature fino a 150 gradi)
- tela smeriglio gradazione 100, 200, 280, 400, 500
- lana d´acciaio (00, 000)
- abrasivo per metallo
- emulsione per foratura
- olio per foratura
- olio per macchina, panno di cotone

Disposizioni di sicurezza per la costruzione e la messa in funzione di caldaie a pressione vapore

Benché per autocostruzioni valgano le disposizioni tecniche per caldaie a vapore TRD 801, le quali al limite permettono addirittura la costruzione di macchine infernali, noi nell´ambito scolastico ci dovremmo attenere alle norme di sicurezza seconde DIN 660 70 comprese nel quadro della legge relativa ai sussidi tecnici di lavoro e così pure alle norme europee DIN EN 71 affinché l´utilizzo di macchine a vapore autocostruite non divenga “Un gioco col fuoco”.

Eccovi le principali disposizioni e raccomandazioni previste dalle norme DIN 660 70:

1. Non lasciare mai punte ed angoli vivi
2. Proteggere contro la corrosione
3. Osservare i limiti di temperatura delle parti utilizzante
4. Utilizzare combustibili non pericolosi, possibilmente solidi
5. La capacitá della caldaia non deve superare i due litri e la pressione a regime non puo superare 1,5 bar
6. Utilizzare valvoline di sicurezza non regolabili e di materiale inossidabile e la risposta delle valvole deve avvenire sotto i 3 bar (doppia pressione di quella di normale esercizio)
7. La massima pressione sopportabile dalla caldaia deve essere di almeno 4,5 bar (corrispondente al triplo della normale pressione di esercizio). Il collaudo della caldaia va eseguito soltanto sotto acqua oppure, detto altrimenti, mediante pressione idrica.
8. La caldaia deve essere munita di apposito dispositivo dal quale sia rilevabile il livello dell´acqua in essa contenuta.
9. Ciascun modellino di macchina a vapore dovrebbe essere munito di diciture incancellabili recanti le seguenti indicazioni:
   a) generalitá del costruttore ed anno di costruzione
   b) il limite massimo di pressione
   c) contenuto della caldaia, espresso in litri
   d) la pressione di collaudo

Per quanto concerne il punto 8 c´é da dire che non é assolutamente realizzabile con i mezzi ed apparecchiature a disposizione nell´ambito dell´insegnamento tecnico. Ció non comporta peraltro gravi inconvenienti dato che la eventuale mancanza d´acqua puó portare in casi estremi al surriscaldamento della caldaia e conseguentemente a perdita di pressione dovuta a lesioni, ma mai si verifica la possibilitá di esplosione. Pertanto non esiste serio pericolo da parte di chi maneggia il dispositivo.

La costruzione e il montaggio del modellino di macchina a vapore

Scelta del materiale necessario - rame - ottone

La scelta di questi tipi di metallo nella costruzione di modellini di macchine a vapore e giustificata dal fatto che sono buoni conduttori di calore é che si possono lavorare con facilitá.
Di per sé il materiale ideale per caldaie é il rame dato che non viene corroso facilmente e anche poiché é un buon conduttore del calore, anzi è il migliore fra tutti i metalli.
La conduttivita del calore del rame é circa 4 volte superiore di quella dell´ottone.
Questo vantaggio peró non é riscontrabile nei lavori di saldatura o stagnatura della caldaia ed é per questa ragione che ci siamo decisi ad optare per parti in ottone per quanto concerne la caldaia ed altre parti della macchina.

L´ottone é una lega di rame (Cu) e di zinco (Zn) e lo si trova in commercio nelle forme piú svariate: come profilati, tondini lamiera e sotto forma di tubo.
Si puó lavorare con facilitá ed oltre a ció ha un´ottima resistenza meccanica anche a sottili spessori. Tuttavia bisogna tener conto che l´ottone “invecchia” e la caldaia in seguito a ripetuto uso nel corso del

tempo tende a presentare difetti di tenuta.
Leghe di rame-zinco se ne trovano in differenti percentuali di combinazione.
A seconda della composizione si hanno differenti caratteristiche (la lega é tenera, semirigida, dura). La durezza e rigiditá dell´ottone aumenta aumentado la percentuale di zinco contenuto e anche di altri componenti della lega e lavorando la lega a freddo (per es. laminandola) si aumentano ulteriormente queste caratteristiche.
Riscaldando l´ottone a circa 600 gradi fino a renderlo rovente, la sua durezza diminuisce e aumenta la proprieta di dilatazione. Ma le temperature eccessive rendono le leghe di rame-zinco fragili e friabili.

Alcuni esperimenti: Una striscia di ottone si lascia a malapena piegare
piegandola e rilasciandola notiamo che conserva un certo effetto elastico
riscaldando la striscia fino a renderla incandescente, essa diventa tenera e pieghevole e rilasciandola ci si accorge che ha perduto la proprietá di elasticitá.
Lavorandola a freddo, riacquista nuovamente le sue iniziali caratteristiche.

Nome	simbolo	composizione	densitá	temp. fusione	conducibilità	resistenza a trazione
rame	Cu	99,9% Cu	8,9 $\frac{g}{cm^3}$	1083°C	372 $\frac{W}{m \cdot K}$	≈ 250 $\frac{N}{mm^2}$
ottone	Cu-Zn	67% Cu, 33% Zn	≈ 8,6 $\frac{g}{cm^3}$	930-1100°C	93 $\frac{W}{m \cdot K}$	≈ 300-400 $\frac{N}{mm^2}$

Dati tecnici del rame e dell´ottone

Consigli alla costruzione della camera combustione e caldaia

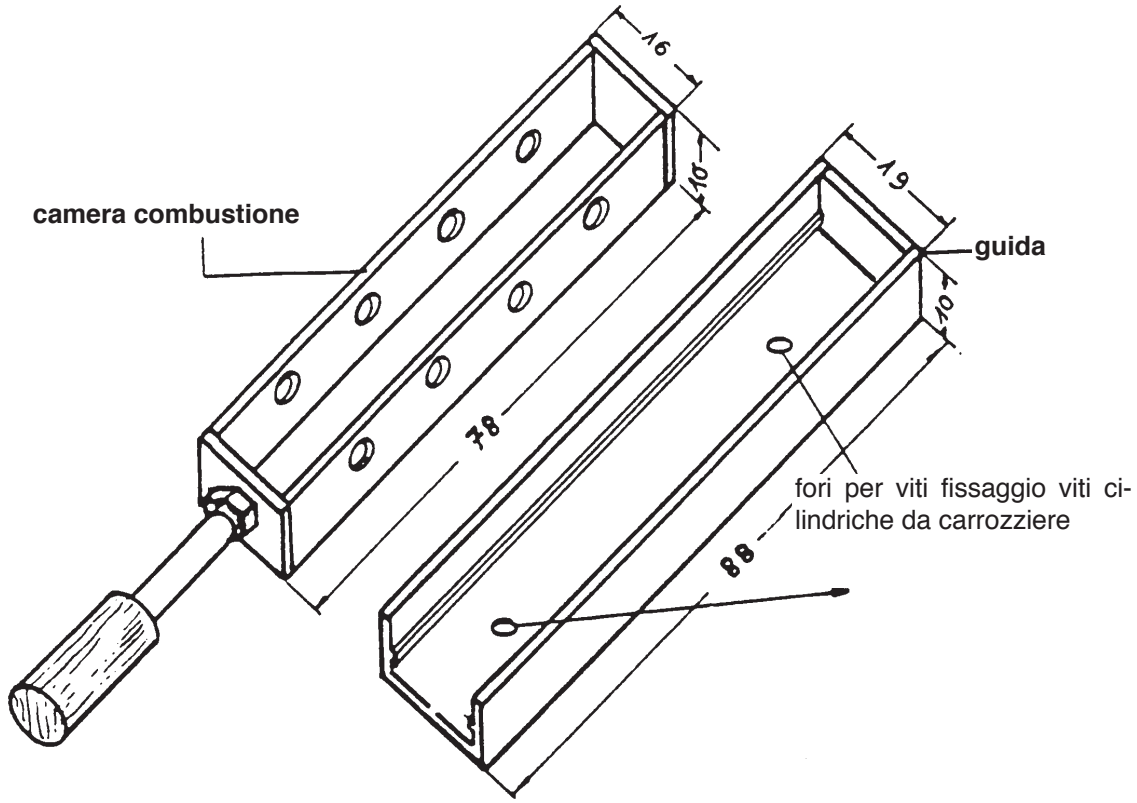
La costruzione inizia dalla piastra di base in legno duro oppure in truciolare ricoperto di materiale sintetico.
Le misure da noi consigliate sono di 14 cm x 14 cm.
La prima parte da costruire é il crogiolo con la sua staffa guida in profilato di alluminio ad U.
L´impiego della staffa guida consente una certa sicurezza nella combustione senza bisogno di ulteriori dispositivi antincendio ed inoltre rende sicuro lo spostamento del crogiolo.
La staffa guida peró deve venire montata a vite soltanto al compimento del montaggio della camera vapore.

Utilizzando strisce di ottone si costruiscono i sostegni della caldaia e così pure le linguette di fissaggio aventi una larghezza di 5 mm. Si consiglia di costruirne preventivamente un modello in cartoncino in scala naturale onde sapersi orientare nelle fasi di lavorazione e anche per rendersi conto delle piegature necessarie. Si é ritenuta cosa opportuna montare la parte sostegno della caldaia in due parti poiché in tal modo si é facilitato il lavoro dovendo evitare diverse piegature. Adattando in sovrapposizione le due parti si possono eseguire in una sola fase lavorativa le forature e l´esecuzione delle varie aperture.
Si consiglia di eseguire tutti i lavori di foratura, di ritaglio e di tranciature prima della piegatura. Nella realizzazione dell´aperatura circolare della caldaia si consiglia l´impiego di una trancia per lamiera, o meglio di una punzonatrice.
Se le varie fasi sono state eseguite accuratamente, le giunture a rivetti non dovrebbero presentare problemi.

La caldaia stessa viene costruita utilizzando un tubo di ottone le cui estremitá vengono chiuse da due fondelli. Il foro per l´alloggiamento della valvola di sicurezza deve venire eseguito prima della saldatura dato che a causa dell´espansione dell´aria nella parte interna potrebbe essere pericoloso lavorare. Le saldature effettuate con composti all´argento consentono temperature piú favorevoli raggiungibili anche con dei bruciatori a gas.

La prova dell´ermeticità e della pressione della caldaia si effettua utilizzando un compressore e la pistola ad aria compressa (con l´ausilio di attacco filettato M-6) ed alla pressione massima di 4,5 bar; operazione questa da eseguirsi sotto acqua. A questo punto questo componente può venire montato definitivamente al suo posto.

Camera combustione e staffa di guida



Dati sulla costruzione:

a) come realizzare la staffa di guida (da un profilato ad U di alluminio da 19 mm)

- Lateralmente ad un angolo esequire un taglio di 10 mm e piegare verso l´alto quello che sará la parete stretta. Utilizzare un blocchetto di legno duro.
- Togliere eventuali eccendenze e smerigliare bene.
- Effettuare due fori nella parte di fondo ove ci andranno le viti di fissaggio (diametro 3 mm).

Attenzione: la staffa di fissaggio e di giuda non dovrebbe venire avvitata a stretto contatto con l´assicella di fondo dato che essa tenderá a trasmettere del calore. Si intercalano in corrispondenza delle viti di fissaggio due rondelle distanziatrici.

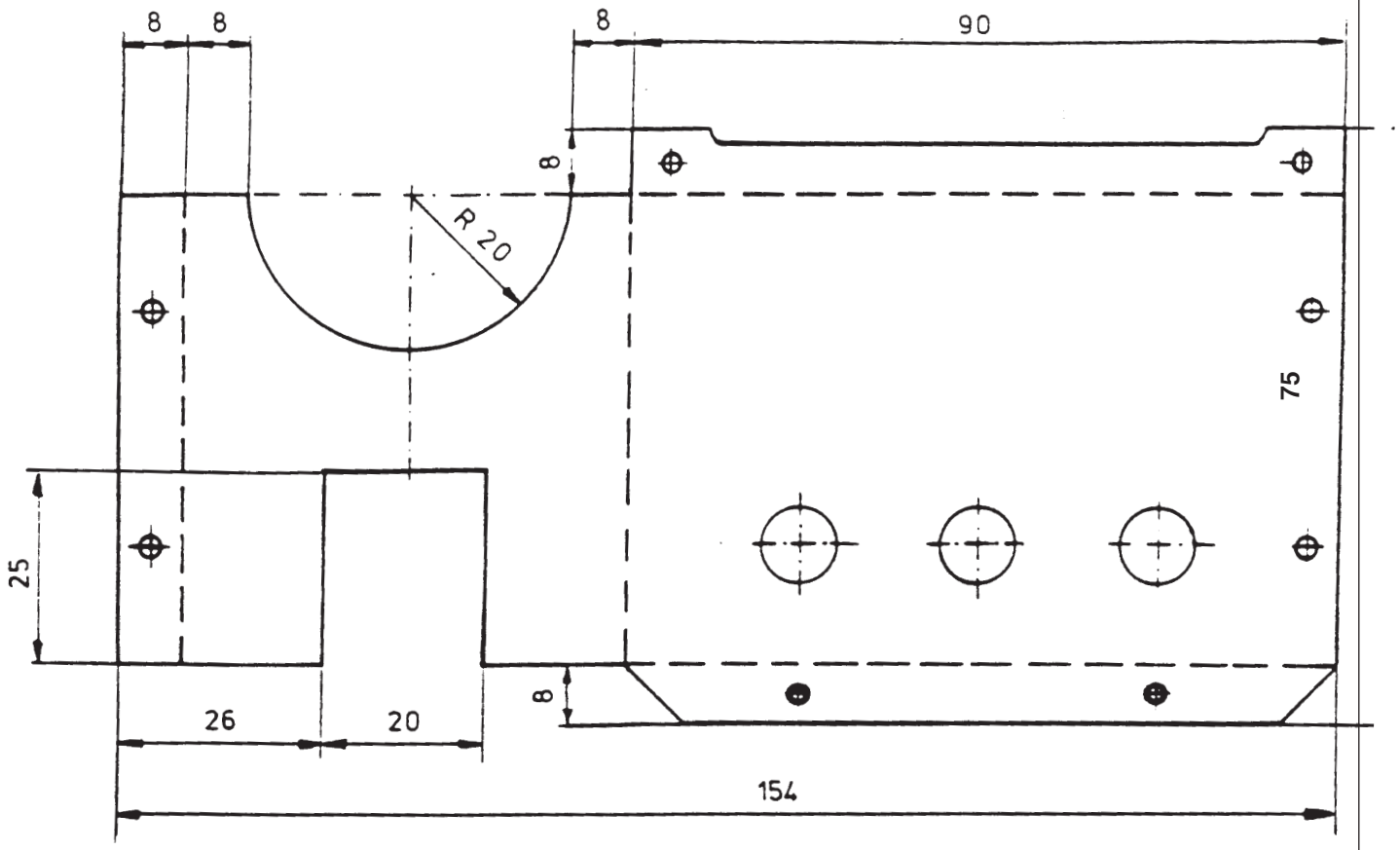
b) Costruzione del crogiulo (utilizzando profilato di alluminio ad U da 16 mm)

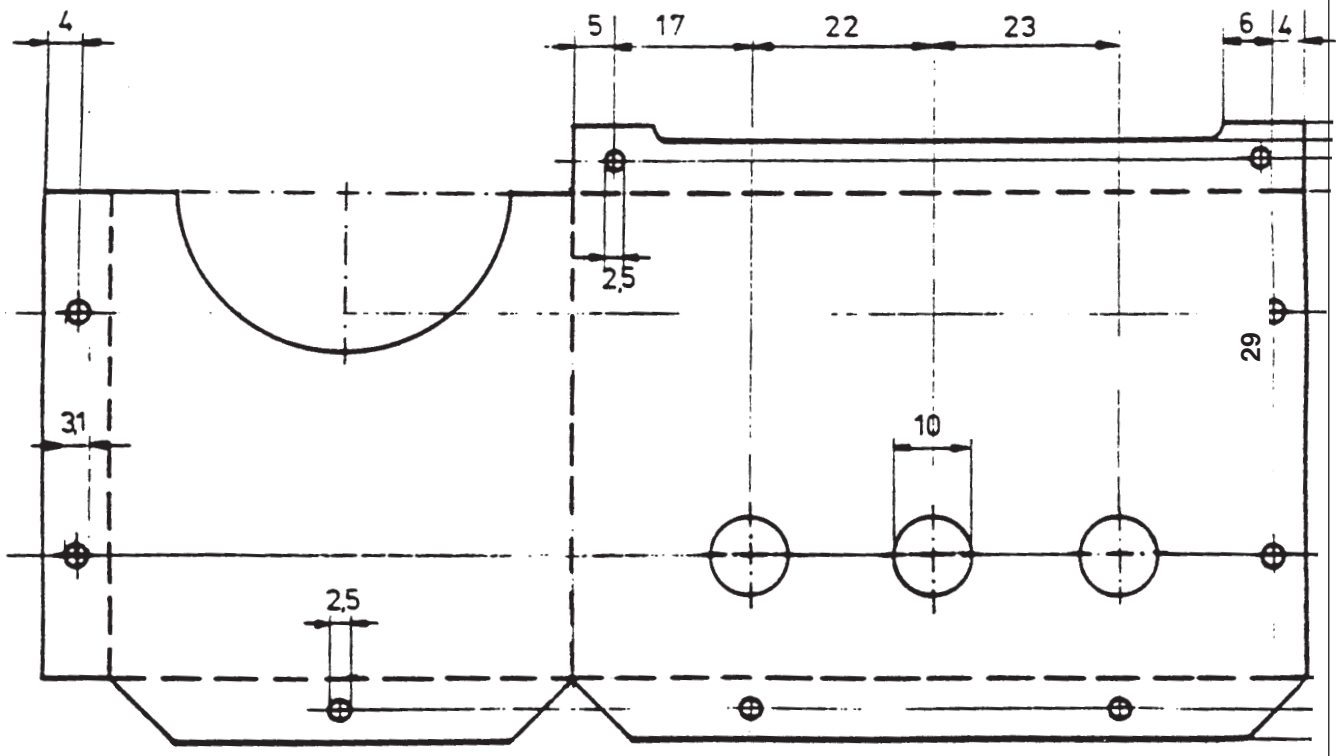
Ricordate che: il crogiolo si sposterá su entrambi i bordi della staffa di guida. Dovrá contenere due tavolette di combustibile messe in posizione verticale.
Lateralmente avviene l´immissione dell´aria necessaria attraverso dei fori.

- Tagliare il profilato di alluminio alla lunghezza di 98 mm.
- Ad entrambe le estremitá si intaglia per 10 mm
- Alzare e piegare il fondo (della parte segata)
- Nella parte frontale forare con punta da 4 mm al centro ove verrá ospitata la presa manuale. (si potra introdurre una vite a testa cilindrica da M4 x 25).
- Praticare 4-5 fori per l´aereazione nelle pareti laterali e si consiglia di forare in una sola operazione i fori che si trovano dirimpetto. Fissare la vite a testa cilindrica mediante bulloncino M4 al crogiolo. La presa in legno viene forata ed applicata (una soluzione: per es. utilizzando un tassello per legno da 8 mm).

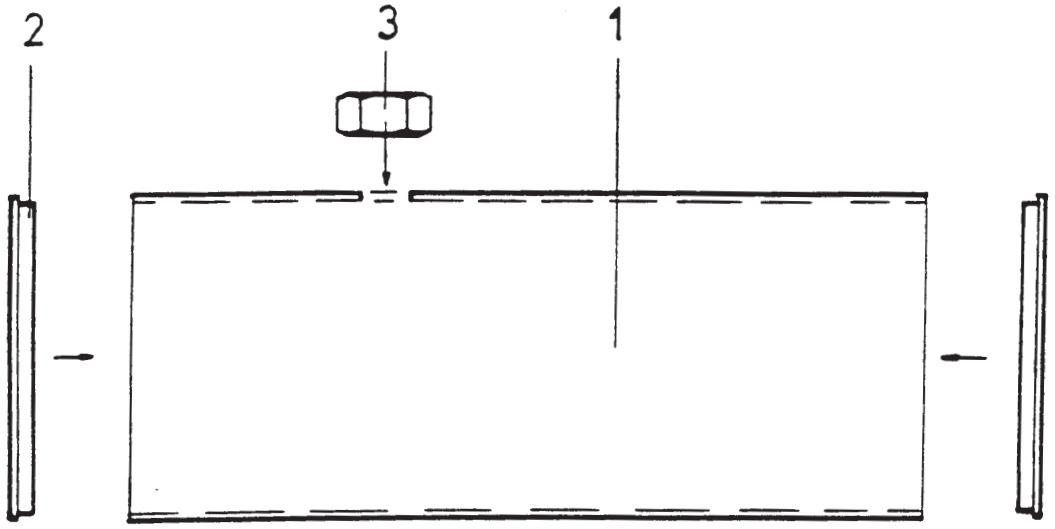
Sviluppo del sostegno della caldaia

M 1 : 1





Scala 1 : 1



Elenco componenti CALDAIA vapore riproduzione 1:1

N°	nome	materiale	dimensioni
1	Tubo caldaia	Cu Zn 37	1 x 40 x 98 mm
2	Tettuccio chiusura	Cu Zn 39 Pb 3	ø esterno/interno 40/38 x 3 mm
3	Bulloncino esagonale	Cu Zn 37	M6 (DIN 934)

Istruzioni per la costruzione:

- Segnare col bulino, e praticare i fori da 6 mm di diametro.

- Appiattire dolcemente attorno ai fori affinché il bulloncino M 6 meglio si possa adattare.

- Eliminare eventuali strati di ossidazione mediante lana di acciaio.

- Applicare la pasta saldante nei punti di prevista saldatura.

- Montare il bulloncino M 6 e saldarlo.

- Non raffreddare repentinamente ma bensì lasciare che si raffreddi lentamente.

- Effettuare il collaudo di tenuta d´acqua e di pressione in un contenitore pieno di acqua ed alla pressione di 4,5 bar.

- Ripulire accuratamente la superficie esterna della caldaia utilizzando carta smeriglio e lana d´acciaio.

Calcolo e costruzione della valvola di sicurezza

La valvola di sicurezza é un componente assai importante della caldaia e vapore ed ha lo scopo di assicurare la necessaria pressione di funzionamento.

La valvola che descriviamo qui é del tipo che agisce direttamente.

La si puó autocostruire utilizzando una vite in ottone M6, una vite M3 a gambo ed un bulloncino in ottone M3, una molla a pressione ed una guarnizione in gomma.

La vite M6 deve venir raccorciata ed attraverso ad essa bisogna praticare un foro centrale da 3,5 mm.

La vite a gambo da 3,5 mm viene introdotta in essa assieme alla guarnizione di gomma e nella parte inferiore della vite M6 forata, la vite a gambo viene fermata assieme alla molla da un bulloncino M3 in modo che la molla effettui la sua funzione.
Prima della definitiva messa in funzione della valvola bisogna arrotondare un po´il bulloncino M3 con una lima dato che altrimenti la valvola la non si potrebbe introdurre nella filettatura M6 della camera di presa.

Calcolo della pressione della molla della valvola:
Di fondamentale importanza é il diametro dell´apertura (d=0,35 cm) e da questo dato si puó calcolare la superficie A esposta alla pressione

S e costruiamo la valvola per 2 bar = 20

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

otteniamo la formula seguente relativa alla forza di una molla

Dunque: F = 20 N x 0,1 cm 2 = 2 N

$$\text{pressione} = \frac{\text{forza}}{\text{superficie}} \quad p = \frac{F}{A}$$

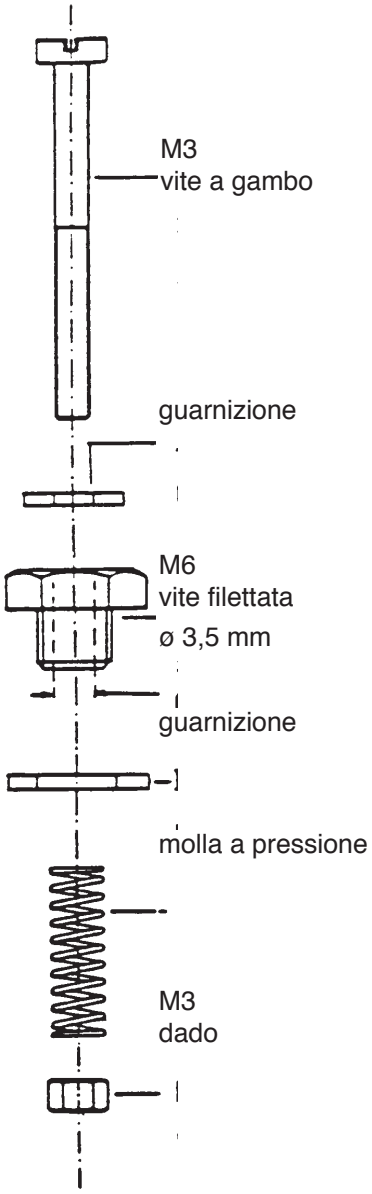
cm^2

Il che significa che una valvola di sicurezza autocostruita si deve aprire alla pressione di 200 grammi.
La taratura si puó effettuare utilizzando una pesa da cucina tenendo presente che non si dovrá superare il margine del doppio della normale pressione e ció corrisponderebbe ad un carico di circa 300 grammi.

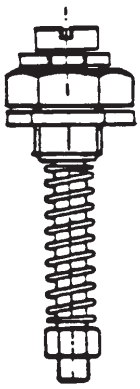
la forza a molla: $F = p \cdot A$

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

Poiché il cilindro oscillante della macchina si trova imperniato assialmente e a molleggio, tale dispositivo é pressoché una seconda valvola di sicurezza ed in tal modo si ottiene la massima sicurezza di esercizio.



valvola di sicurazza a molla



Costruzione del traslatore di energia

Il traslatore ha la funzione di trasformare il calore del vapore in energia meccanica.
Esso si compone delle seguenti parti:

- Angolo di sostegno e dei cuscinetti per cilindro e volano
- Cilindro e stantuffo
- Asta della biella e relativo cuscinetto
- Volano e parti trasmissione moto

La costruzione di questa parte richiede un lavoro accurato

E qui appresso vi elenchiamo le varie fasi da seguire con le necessarie delucidazioni:

I ANGOLO DI SOSTEGNO DEL CILINDRO

- Smussare angoli e spigoli mediante lima
- Foratura di entrambi i fori per il fissaggio delle viti e svasatura mediante svasatore conico
- Traccia e foratura dei fori per i cuscinetti del cilindro e del volano
- Costruzione di una superficie assolutamente piana sulla quale viene a trovarsi il cilindro
- Si effettua un accurato controllo mediante apposito righello (da ricordare che ogni difetto provocherà perdita di vapore)
- Ritagliare il perno cuscinetto alla lunghezza necessaria per l' alberino del volano.
- Praticare un foro per poter lubrificare ad olio.
- Montare il tubetto-cuscinetto.
- Saldare questo a stagno con l´angolo di sostegno.

II Volano

- Forare per poter applicare il cuscinetto eccentrico (raggio circa 12 mm).
- L'asse (7) viene montato a pressione con il volano si può utilizzare una morsa da banco oppure il montaggio può venire eseguito tramite saldatura.
  L'asse (13) viene pressato al volano ad angolo retto (utilizzare una morsa da banco per la pressatura).
- Introdurre l´alberino nel tubetto-cuscinetto (quest´ultimo va eventualmente allargato a 4 mm median te un alesatore).
- Forare con punta da 4 mm il rullino per la cordicella.
- Montare il volano assieme al suo asse, le rondelle e l´anello di regolazione.

III Cilindro

___(vedi disegno nei dettagli)

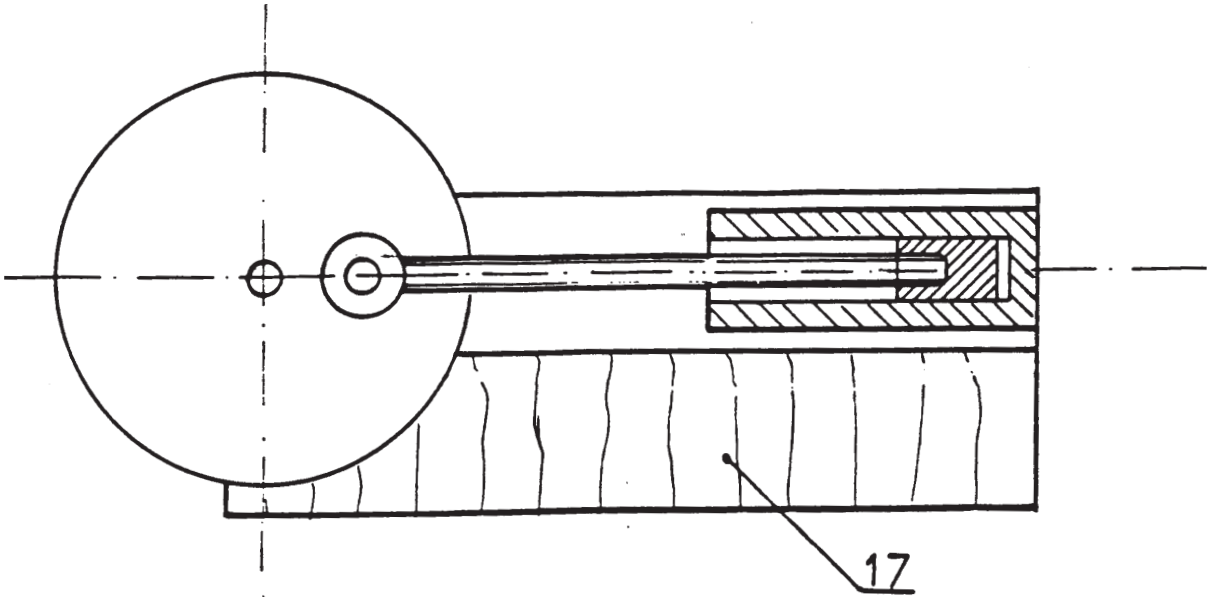
IV Pistone e biella

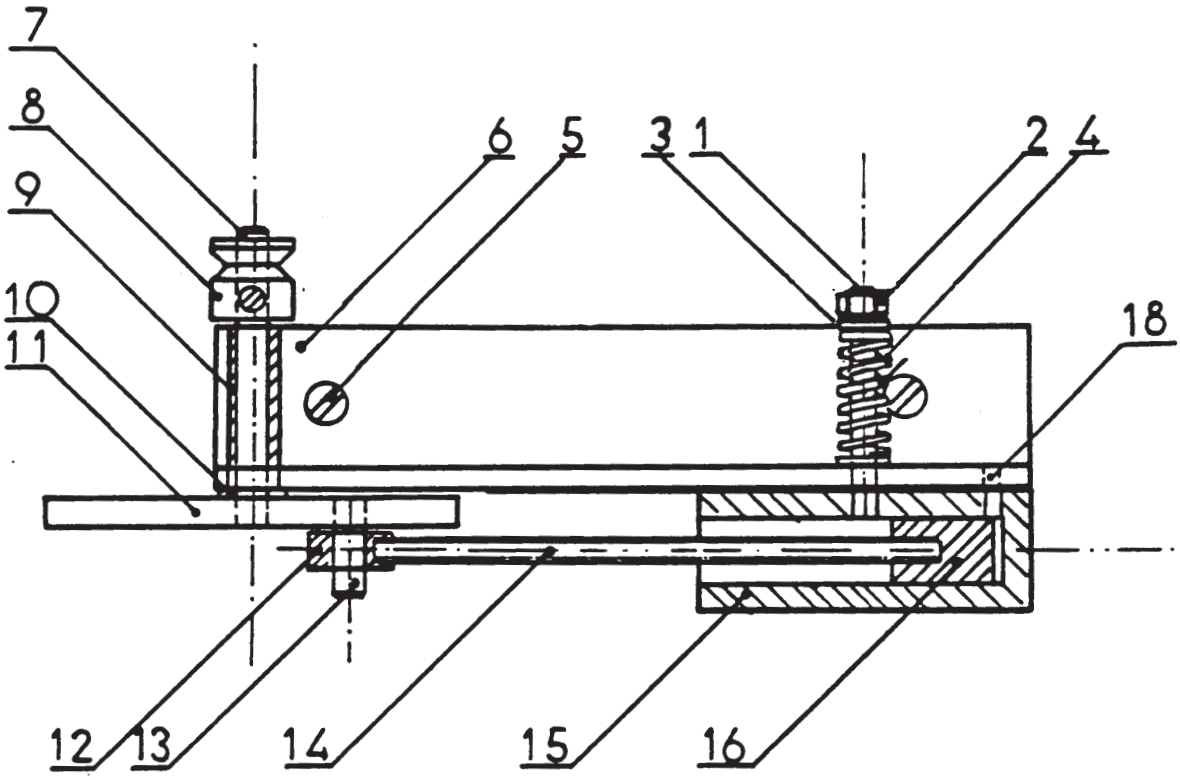
- Tagliare l´asta della biella alla lunghezza di 70 mm.
- Applicare M4 con filetto esterno per il fissaggio a vite del pistone e il cuscinetto della biella.
- Il cuscinetto della biella viene provvisto di foro di lubrificazione.
  Per ora si puó montare tutto il dispositivo.

Il cilindro viene applicato a pressione di molla alla superficie piana e il fissaggio a vite rende possibile la regolazione della pressione della molla.

Trasformatore del vapore

1 : 1





Trasformatore del vapore

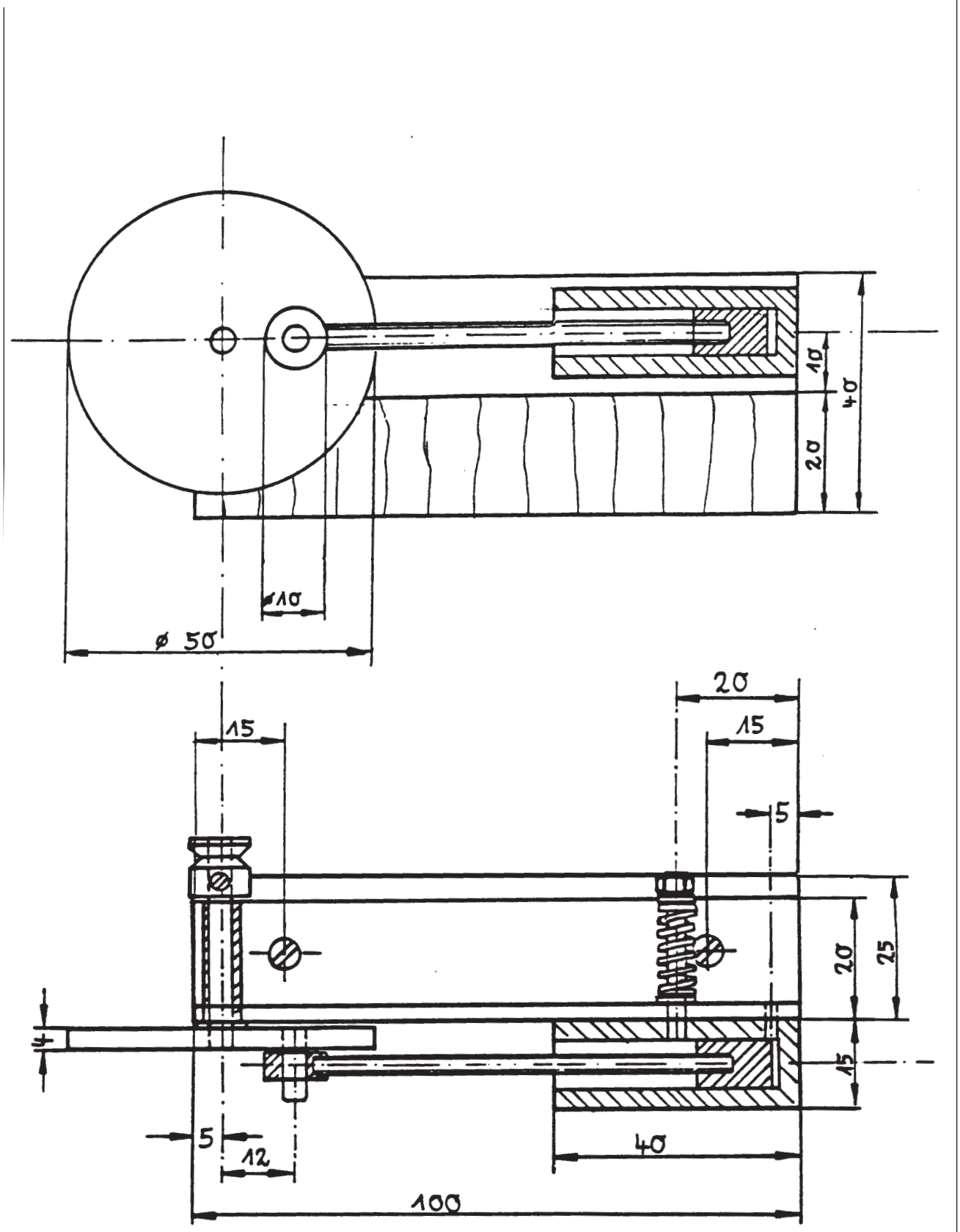
componenti e montaggio

N°	Denominazione	Dimensioni	Consigli per l´esecuzione
1	sostegno cilindro	M 3 x 20	la punta filettata va incollata al cilindro (utilizzare collante per filetti)
2	bulloncino di pressione	M 3	
3	rondella	interno-ø 3	
4	molla a pressione in acciaio inoss.		già fatta da noi
5	vite di fissaggio	3 x 20 (a testa svasata)	il foro nell´angolo d´appoggio va svasato con punta da 3,5 mm
6	angolare di sostegno	100 x 20/20 x 2	superficie piana e parete esterna, appoggio cilindro diam. 3- foro per cuscinetto volano dia. 6
7	alberino volano (acciaio speciale)	4 x 36 (Interno-ø 4)	va fissato a pressione al volano; oppure saldato al volano
8	rotella di trasmissione	componente da noi già fatto	allargare il foro a 4 mm e fissaggio a vite
9	tubetto-cuscinetto del volano	ø 6 x 20 (interno-ø 4)	saldare all´angolare di sostegno, foro superiormente per lubrificazione 1,5 mm - allargare il foro centrale a 4 mm
10	rondella	interno-ø 4	
11	volano	da noi predisposto	da notare le linee parziali da 12 mm per l´eccentrico - foro da 3,9 mm
12	biella	già fatta	sulla parte superiore foro da 1,5 mm per lubrificazione
13	asse eccentrico (acciaio speciale)	ø 4 x 10	fissare a pressione al volano
14	asse della biella	ø 4 x 68	praticare un filetto alle estremitá - lunghezza 5 mm
15	cilindro	già pronto	preparare la superficie piana forare al centro foro da M3 e svasare leggermente (vedi disegno)
16	stantuffo	già pronto	avvitare all´asse della biella (M4)
17	sostegno in legno del tutto	100 x 20 x 25	
18	fori entrata e uscita vapore	ø 2	praticare i fori soltanto seguendo le disposizioni dettagliate di montaggio (vedi disegno)

Tutto il materiale, se non altrimenti specificato, é in ottone.

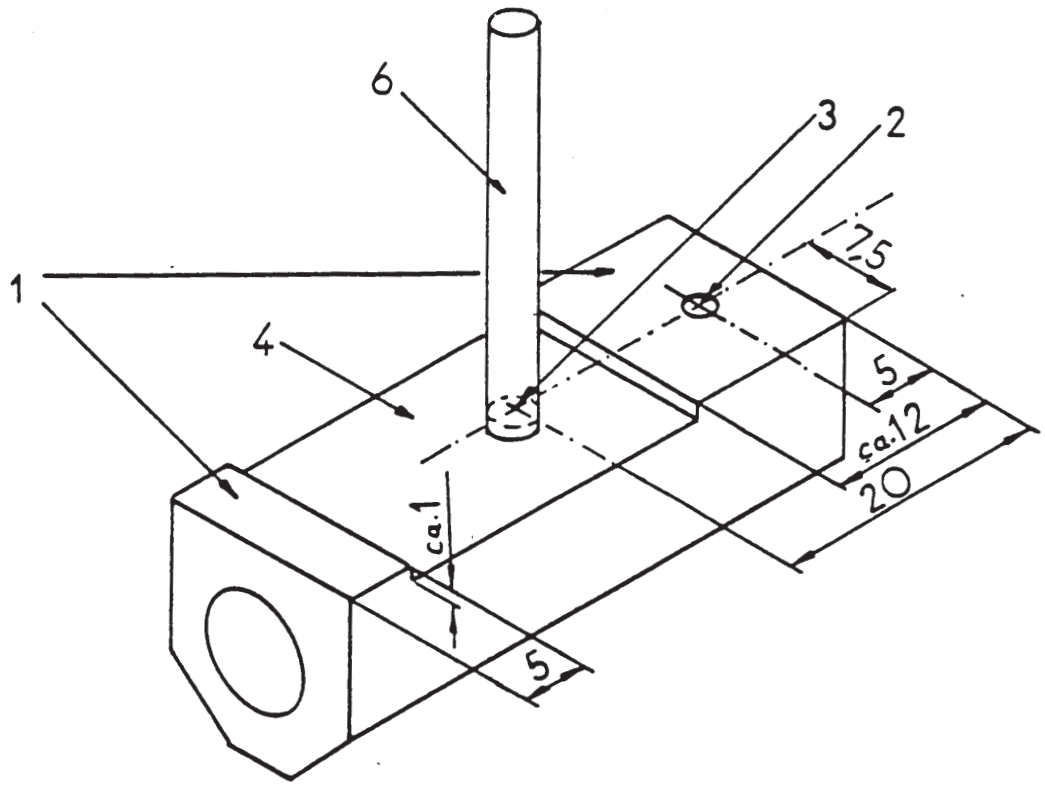
Trasformatore del vapore in forza meccanica

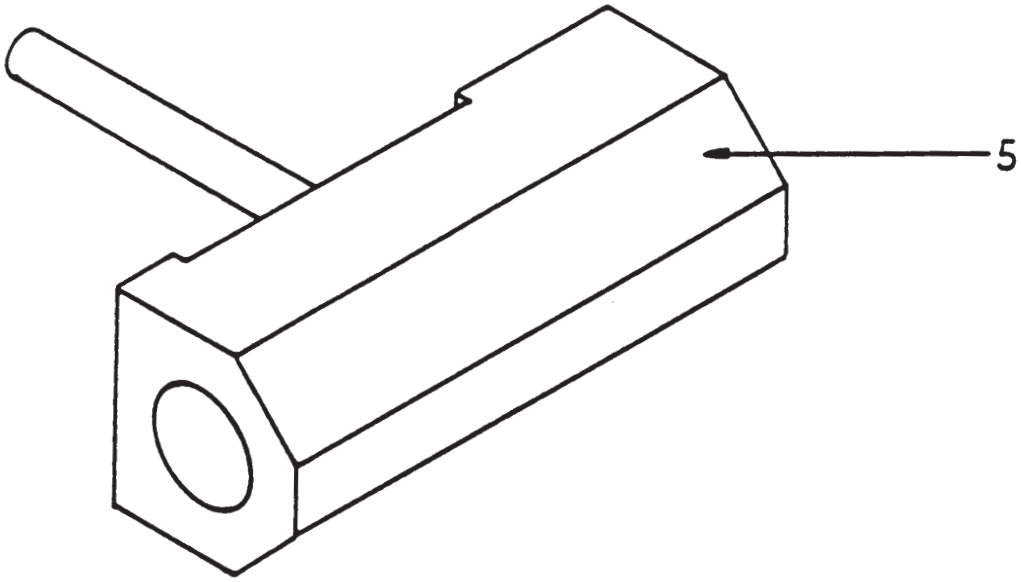
1:1



Cilindro

1 : 1





Consigli alla costruzione:

- Superficie piana (N. 1) va levigata accuratamente
- Eventualmente si potrá asportare lo spessore per evitare eccessivo attrito (N. 4)
- Segnare e bulinare la posizione dei fori; forare con punta da 2 mm (N 2) e il foro del passaggio del vapore, forare con punta da 2,5 mm (N3) il foro per l' asse del cilindro N.3
- Filettare internamente eventualmente togliere gli spigoli esterni del cilindro (N.5) onde ridurre la massa del cilindro
- Saldare a stagno oppure incollare il perno filettato (asse del cilindro)

  ATTENZIONE: l´asta filettata non puó sporgere internamente al cilindro!
- Eventualmente limare il foro del cilindro con lima per portarlo a 8 mm.

Regolazione dell´immissione ed emissione del vapore

Questa regolazione viene determinata dalle due posizioni che assume il cilindro (vedi schema qui sotto). Si deve fare in modo che il vapore possa entrare nel cilindro dietro lo stantuffo nel momento che si trova fermo ma in modo tale che il perno eccentrico (oppure l´albero a gomiti) si trovi ad angolo retto con il raggio del volano. Questo é il punto più favorevole per quanto riguarda il rendimento. Nella parte esattamente opposta si trova il foro per la fuoriuscita del vapore.

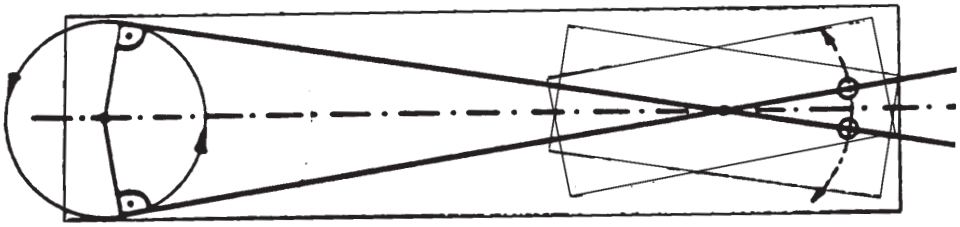
Il modo piú semplice per far entrare ed uscire del vapore attraverso l´angolo di sostegno si risolve utilizzando un rivetto del diametro di 2 mm e di dargli la forma di graffetto e di infilarlo nel foro da 2 mm di diametro del cilindro; la punta del rivetto cosi modificato dovrebbe sporgere di 1-2 mm verso l´esterno. A questo punto si montano il cilindro, lo stantuffo l´albero della biella ed il volano e si proverà a far girare ripetutamente a mano la macchina, Contemporaneamente il cilindro viene premuto contro la superficie piana. In conseguenza di questo movimento del cilindro il percorso del foro del vapore viene riportato tramite la punta del rivetto alla superficie piana dell´angolo di sostegno. Le due estremitá dell´arco di cerchio ci danno il punto centrale dei due fori per il passaggio del vapore (si trovano alla distanza di 4,5 mm fra di loro). Questi due punti vanno bulinati e quindi forati con punta da 2 mm di diametro.

Ultimato il montaggio si puó effetuare il collaudo mediante aria compressa (al massimo 2 bar). Abbassando la pressione mediante il riduttore del compressore ci si puó giá farsi un´idea circa il rendimento della macchina.

A collaudo utlimato si effettua il montaggio delle parti che congiungono la caldaia e la rimanente parte meccanica.

Si provvederá a forare con punta da 4 mm il foro dell´immissione del vapore della caldaia; si introduce un tubetto di rame e lo si salda.

Attenzione: Prima della definitiva messa in funzione bisogna lubrificare lo stantuffo e i cuscinetti! Non sforzare eccessivamente la macchina!



Sagoma di foratura in scala 1 : 1

Messa im funzione e manutenzione

Non appena tutte le parti meccaniche sono terminate e montate, sia per la parte che concerne la caldaia, il crogiolo e le trasmissioni e dopo aver effettuato i vari collaudi circa il funzionamento e quelli sulla sicurezza, finalmente é giunto il grande momento della messa in funzione della macchina a vapore autocostruita.
Sappiamo per esperienza che nella fase finale gli alunni assai spesso dimenticano le regole della tecnica, e benché la presente realizzazione dimostri un alto grado di robustezza tuttavia il modellino potrebbe subire danni irreparabili se trattato in maniera non corretta.
In primo luogo bisogna badare alla massima sicurezza e pertanto consigliamo di sottoporre la macchina ad una ulteriore prova con aria compressa (a circa 3 bar). Sopratutto bisognerá tenere d´occhio la valvola di sicurezza. Oltre a ció badare che il pistone, il cilindro e tutti i cuscinetti siano ben lubrificati con olio per macchina poiché in tal modo si evitano inutili logorii.
A questo punto si prepara il modellino alla produzione del vapore e prima di tutto ci si accerterá della quantitá e della qualitá dell´acqua nella caldaia. La cosa migliore sarebbe quella di utilizzare acqua distillata onde evitare la produzione di incrostature; si riempie la caldaie per 2/3 della capacitá totale. Una minore quantitá avrebbe come conseguenza una diminuzione del tempo per la produzione del vapore peró provocherebbe un eccessivo riscaldamento. D´altra parte un volume eccessivo di acqua la farebbe entrare nel cilindro il che produrrebbe gravi danni alla macchina. Se ci si attiene strettamente alle dimensioni da noi date e, cioé, lunghezza della caldaia 100 mm, diametro interno 38 mm, e volume complessivo circa 113,4 cm3, il carico d´acqua ottimale si aggira sui 60 - 75 ml. Questa quantitiá d´acqua é dimensionata per poter venire riscaldata ed evaporata con due tavolette di carburante.

ESEMPIO:

Per portare 60 ml di acqua dalla temperatura di 20 gradi a circa 120 gradi (alla pressione di 1,5 bar) si rendono necessari:

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

per far evaporare 60 ml di acqua:

0,06 x 2257 = 135,42 kJ

160,62 kJ

Pertanto par far evaporare l´acqua si rende necessaria un´energia di ben 6 volte maggiore che per riscaldarla!
Il rendimento di una caldaia é di circa il 60% in impianti semplici come il nostro, per il riscaldamento e l´evaporazione di 60 ml di acqua si rendono necessarie circa
267,7 kJ

Una tavoletta di combustibile tipo ESBIT da 3,9 grammi, secondo le indicazioni del produttore, ha un valore calorifico di 110 kJ.

ed impiegandone due abbiamo una risposta energetica di 220 kJ.

In base a questi calcoli se ne deduce che impiegando 60 ml di acqua ed utilizzando due tavolette di carburante non si corre alcun pericolo di surriscaldamento.
Questo tipo di carburante, allo stato solido, presenta il vantaggio di poter venir utilizzato senza timore rispetto a quello ad alcool. I prodotti combustibili contengono formaldeide, che viene emessa in seguito al processo di combustione e pertanto il funzionamento della macchina si dovrebbe effettuare soltanto all´aria aperta, o almeno in locali bene arieggiati.

Prima dell´accensione gli alunni dovrebbero venire messi in guardia circa le possibili scottature provocate da pati metalliche scottanti e anche sopratutto circa le scottature assai piú pericolose provocate dal vapore. Anche piccole quantitá di vapore provocano vaste aree di ustioni alla pelle.

Lasciare sempre molto tempo a disposizione degli alunni, nell´osservare il funzionamento della macchina a vapore in maniera che possano assaporare la soddisfazione del loro lavoro.

Nello stesso tempo si dovrebbe dare, anche se solo blando, un giudizio sul lavoro svolto nella realizzazione di vari modellini.

Si potranno fare paragoni circa il tempo di funzionamento ed il consumo di acqua e carburante.

A funzionamento a vuoto si potrá farsi un´idea della precisione attuata nella costruzione confrontata ai dati tecnici riferiti al modello in esame.

A prove ultimate, si capisce che la macchina va riposta previa pulitura accurata. Bisogna assicurarsi che la caldaia sia completamente svuotata e che le parti sottoposte a frizione vengano lubrificate con cura.

La costruzione del modellino (eventualmente come pezzo di esposizione) andrebbe ben protetta da un teloncino di nailon trasparente:

CONSIGLI PER LA PRATICA

Il crogiolo e i profilati di guida andrebbero segati contemporaneamente. Eseguire tutte le forature prima delle piegature.

SOSTEGNO CALDAIA:

- Entrambe le striscie di lamiera vanno collegate mediante nastro crespato e fissate al supporto di base (in legno). Utilizzare pure qui nastro come sopra. In tal modo si possono eseguire facilmente i vari fori.

CILINDRO:

- Filettare con M3 mediante trapano da banco (girare a mano il mandrino).
- In caso di necessitá adattare il pistone utilizzando pasta abrasiva (potrebbe andare bene anche del dentifricio).

VOLANO:

- Equilibrare effettuando del piccoli fori in prossimitá della biella (fori da circa 4 mm).
- L´asse del volano va fissato a pressione utilizzando un tubetto di acciaio del diametro interno di 4 mm e una morsa oppure un mandrino di un trapano da banco.

ASTA DELLA BIELLA:

- Questa non va avvitata in maniera fissa; girandola leggermente é possibile ottenere l´esatta posizionatura richiesta.

LA SUPERFICIE PIANA:

- La levigatura assai fine va effettuata con carta abrasiva da 500 e utilizzando dell´olio per macchina ed effettuando l´operazione su una lastra di vetro.

CONDUTTURA DEL VAPORE:

- Essa dovrebbe essere possibilmente corta per impedire che il vapore si condensi troppo in fretta.
- Onde ovviare a tale inconveniente si potrebbe ricoprire di nastro isolante in tela o altro.

Foglio supplementare alla descrizione della “macchina a vapore”

Cari colleghi e collghe,

Vi siete decisi di realizzare assieme ai vostri alunni una costruzione veramente impegnativa nell´ambito della lavorazione del metallo.
Quanto la ditta OPITEC offre é in grado di far costruire da ciascun alunno un modellino di macchina a vapore veramente funzionale, a condizione che l´insegnate gli sia costantemente di appoggio e che le istruzioni date vengano accuratamente rispettate.
Dato che in ultima analisi lei insegnante é il diretto responsabile dei suoi alunni, le consigliamo vivamente di attenersi al seguente “ELENCO delle misure di sicurezza” da rispettare nel qual caso nulla puó succedere a chi maneggia la nostra macchina a vapore.

1. **Collaudo caldaia** alla tripla pressione di quella esercizio.

2. **Fissaggio della valvola di sicurezza** dopo averla tarata per un intervento alla pressione di 1,5 bar (utilizzare per il fissaggio eventualmente collante per filetti resistente alle alte temperature oppure SPLINT).

3. La macchina va provvista di una **serie di diciture** sulla caldaia:
- Pressione di prova 4,5 bar
- pressione massima di esercizio 1,5 bar
- contenuto della caldaia 0,06 litri

4. A prova effettuata della pressione la caldaia dovrebbe riportare l´indicazione relativa (per es. incollandovi la dicitura COLL. per indicare l´avvenuto collaudo).

5. Prima di ogni messa in funzione della macchina bisogna controllare la **valvola di sicurezza** in modo da essere certi del suo buon funzionamento.

6. La caldaia puó venire riempita soltanto di **acqua distillata**.

7. Prima di mettere in funzione la macchina accertarsi **del livello dell´acqua** nella caldaia.

8. La macchina puó venire riscaldata soltanto con **tavolette del tipo ESBIT**.

9. Si consiglia di lavorare attorno alla macchina utilizzando guanti.

Ricordate ad ogni occasione ai vostri alunni queste misure di sicurezza ed oltre a ció i pericoli derivanti da scottature e bruciature a contatto di pezzi caldi oppure vapore acqueo. Se ne consiglia particolare annotazione nel registro di classe.